

行政院原子能委員會  
委託研究計畫研究報告

小型風力機城市應用現況與效能分析計畫  
Small wind turbine city status and performance analysis of the  
application program

計畫編號：1022001INER037

受委託機關(構)：財團法人台灣經濟研究院

計畫主持人：蘇美惠主任

聯絡電話：02-25865000 #808

E-mail address：d11453@tier.org.tw

核研所聯絡人員：申新豪 先生

報告日期： 102 年 12 月 05 日

## 目錄

中文摘要.....	1
ABSTRACT.....	2
壹、計畫緣起與目的.....	4
貳、研究方法與過程.....	21
一、國際小型風力機城市應用案例分析.....	22
二、台灣小型風力機安裝分布調查.....	37
三、我國小型風力機運轉個案分析.....	43
四、我國城市風機應用關鍵議題分析.....	55
五、尚待克服之困難.....	61
六、尋求協助之議題.....	61
參、主要發現與結論.....	62
一、主要發現.....	62
二、結論.....	64
三、建議.....	65
四、未來研究方向.....	65
肆、參考文獻.....	67

## 圖目錄

圖 1、2012 年全球小型風力機廠商分佈.....	5
圖 2、2011 年美國小型風力機裝置容量.....	7
圖 3、2011 年英國小型風力機新增裝置量.....	9
圖 4、2011 年英國外銷主要市場.....	10
圖 5、我國近四年出口國家/地區變動分析.....	16
圖 6、本研究架構圖.....	21
圖 7、本研究流程圖.....	22
圖 8、美國佛蒙特州的小型風能示範計畫案例.....	24
圖 9、美國佛蒙特州小型風能示範計畫測站分布圖.....	24
圖 10、美國佛蒙特州小型風能示範計畫網站運轉資料畫面.....	25
圖 11、Middlebury 大學示範實績.....	26
圖 12、West Staddon 農莊小型風力機.....	29
圖 13、Southorn 法院樓頂平台小型風力機.....	31
圖 14、菲律賓的小型風力機示範計畫案例.....	36
圖 15、國內 2010~2012 年累計裝置分布圖.....	38
圖 16、國產小型風力機市場應用裝置情況.....	39
圖 17、國產小型風力機外銷市場應用裝置情況.....	40
圖 18、龍潭農工 600W 小型水平軸風力機安裝實照.....	44
圖 19、新竹高工 2KW 小型水平軸風力機安裝實照.....	45

圖 20、淡水海洋技術學院 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照.....	46
圖 21、中華電信 風力發電機監控畫面.....	47
圖 22、標準檢驗局台南分局 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照....	49
圖 23、樓頂型小型風力機申設流程.....	49
圖 24、標準檢驗局花蓮分局 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照....	50
圖 25、兩岸範例風機實證計畫風力機安裝實照.....	51
圖 26、澎湖科技大學第三期測試風場.....	51
圖 27、淡水海納川藍海社區 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照....	52
圖 28、小型風力機離島發電成本分析.....	57
圖 29、新竹市南寮漁港規劃案例.....	58

## 表目錄

表 1、主要國家與台灣產業概況.....	6
表 2、美國小型風力機內外銷容量.....	8
表 3、日本風力機規模分類表.....	11
表 4、日本再生能源躉購電價.....	11
表 5、台灣中小型風力機廠商與研究機構開發機型.....	13
表 6、台灣小型風力機產業發展概況.....	15
表 7、台灣中小型風力機內外銷出貨情況.....	15
表 8、台灣小型風力機水平軸和垂直軸機種之營業概況.....	17
表 9、IEA Task27 未來四年小型風力機技術發展方向.....	20
表 10、Warwick Wind Trial 使用之小型風力機機種名稱及型號....	27
表 11、Warwick Wind Trial 小型風力機與建築整合型態.....	28
表 12、West Staddon 農莊小型風力機詳細資料.....	29
表 13、West Staddon 農莊小型風力機實際運轉數據.....	30
表 14、Southorn 法院樓頂平台小型風力機詳細資料.....	31
表 15、Southorn 法院樓頂平台小型風力機實際運轉數據.....	32
表 16、國際小型風力機城市應用案例.....	35
表 17、國內小型風力機 2010~2012 年安裝分布比例.....	37
表 18、國內小型風力機 2012 年安裝分布比例.....	38
表 19、安裝施工成本差異表.....	41

表 20、小風機裝置價格(含安裝費用).....	42
表 21、我國小型風力機運轉個案分析.....	53
表 22、國內小型風力機產業發展目標建議.....	56

## 中文摘要

在全球發展分散式電力系統趨勢下，中小型風力機近年來成長相當迅速，各國也競相投入技術發展。應用層面從偏遠地區邁向都市、從離網邁向併網之趨勢，而與建築整合之城市型小型風力機的相關應用已成為未來重要之發展方向。本計畫先針對國外小型風力機城市應用案例進行彙整分析，蒐集國外對於推動城市小型風力機相關示範計畫及測試成果等資料，包括裝置地點、與建築整合之法規限制及發電效能分析等。另外，本計畫調查國內小型風力機安裝分布及應用市場，並分析其主要發電效能，再輔以我國目前小型風力機城市應用之個案現況分析，提出國內建築整合小型風力機關鍵議題。

本計畫調查國內城市型小型風力機應用，主要以風光互補路燈數量為多，但由於綠建築概念興起，未來在高樓大廈及一般住宅建置將大幅成長。建議政府單一地方應比照太陽光電推動政策，排除中小型風力機之法規面限制與障礙。例如提供小型風力機不受單一地方裝置容量合併計算、10KW 以下裝置免收線路工程費、小型風力機納入雜項工作物免請領雜項執照，與小型風力機納入綠建築標章評分指標，來鼓勵民間裝置。

關鍵字：小型風力機、城市、效能。

## **Abstract**

Under the trend of global development in distributed energy system recently, small and medium wind turbine has grown up rapidly and various countries have also actively involved in the technology development. The applications for small wind turbine in the markets has the trend of developing from remote areas to the cities and from off-grid to grid-tied. The relevant applications of building-mounted urban small wind turbine has then become a significant development aspect in the future.

The project implemented analysis in object to the urban application cases of small wind turbine in foreign countries by collecting relevant demonstration program and its testing results. The analyses for urban small wind turbine in foreign countries included installation location, laws, local regulations and performance analysis of electric power generation for building-mounted small wind turbine. Besides, the project investigated the installation distribution of small wind turbine on Taiwan to further understand the major application markets and distribution areas in our country and also investigated its major budgets source of installation. The object was to propose a key issue of foreign and domestic building-mounted small wind turbine by supplying the cases status analysis of the current urban application of small wind turbine in our country.

The project investigated the domestic city-based small wind turbine applications, mainly in the number of wind and solar lights as much, but because of the green building concept, the tall buildings and residential building will significantly grow; And suggested that the Government



should apply mutatis mutandis as the solar energy to encourage private devices, such as building installed capacity issue, the free charge power-line engineering below 10KW issue...etc.

Keywords : Small wind turbine 、 City 、 Performance ◦

## 壹、計畫緣起與目的

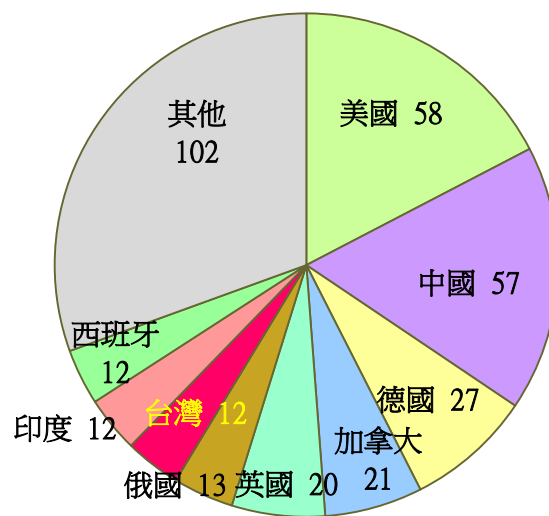
風力發電為近年來成長最為迅速的再生能源發電技術，依單機容量可分為大型風力機(MW 級)與中小型風力機。大型風力機主要應用在集中式發電以替代大型發電廠。至於小型風力機一般為私人使用，通常用以取代或與傳統柴油發電機互補。小型風力機主要設置於偏遠地區，以自給自足之供電方式為主要需求，多數購置對象為一般消費者或家庭，特別在地幅廣闊的美洲大陸、歐陸、以及中國，皆有基本市場存在。近來各國相繼推動分散式電力系統，加上產品具備因地制宜、應用層面廣泛等優點，小型風力機產業比以往更受重視。

根據 GlobalData(2011)統計，大型風電至 2020 年總裝置量可達 777GW，然而其市場成長率速度將明顯下降，年平均成長率約為 14.6%；相較於小型風力機市場，2020 年全球之累計裝置量可達 3,727MW，平均年成長率為 29.7%，其中中國市場累計裝置量約為 680.4MW；而根據中國農機工業協會風能設備分會(CWEEA) 2011 年預估，中國市場於 2020 年的累積裝置容量將高達 4,850MW，且英、美等國更進一步將小型風力機推廣至住宅電力系統、事業用電力系統、以及都會區的應用。綜合評估各方因素，在樂觀估計下，全球小型風力機累計裝置量預估可達 7,897MW。

受惠於台灣在輕機械、小型發電機以及不斷電系統(UPS)的良好基礎，已具備 100% 國產自製能力，可帶動整理產業鏈發展。根據台灣中小型風力機發展協會與台灣經濟研究院 2012 年至 2013 年調查顯示，我國小型風力發電機出貨量為全球第四大，外銷比重為 94%。

## 一、國外小型風力機產業發展現況

根據世界風能協會(World Wind Energy Association, WWEA) 2013 年的統計，2012 年美國蟬連全球擁有最多小型風力發電機系統廠商的國家，其次分別為中國大陸、德國、加拿大及英國，五國合計廠商數佔全球的 54%，當中歐美地區仍憑藉較高的技術能量和獎勵政策吸引廠商投入其市場(如圖 1 所示)；此外，WWEA 的統計資料亦顯示，全球小型風力機過去近幾年年成長率高達 35%，預計至 2020 年年成長率保守估計仍有 20%。本節將說明目前國外小型風力機產業技術發展現況，包含中國大陸、美國、英國、日本、韓國及澳洲，更多更詳細之各國內容則呈現於台灣中小型風力機發展協會所出版之「2012 年兩岸小型風力機產業技術與標準動態年度報告」之中。



註：廠商數目僅含已量產系統廠。

資料來源：WWEA(2013)，台灣中小型風力機發展協會整理(2013)。

圖 1、2012 年全球小型風力機廠商分佈

## (一) 中國大陸

以市場規模來看，目前全球中小型風力機之累積裝置容量以中國大陸、美國及英國為前三大之國家，各達 356MW、198MW 及 65MW 規模(如表 1)。其中中國大陸小型風力機市場成長最為快速，根據中國農機工業協會風能設備分會 2013 年統計，31 家主要生產廠商 2012 年小型風力機（50kW 以下）出貨量約達 12.3 萬部，受景氣及 2011 年市場增長幅度較大影響，2012 年產品市場積壓，故較 2011 年衰退 26%，其中以 1kW 以下級距(含 1kW)產品銷售數量比例最高，將近 80%。而新增裝置容量約 48.9MW，產值達人民幣 8.13 億元；出口部分雖較前一年度略減，但仍有達 3 萬部之水準，其中廣州紅鷹能源科技、北京希翼新興能源、浙江華鷹風電及青島安華為出口量前四大的廠商。產品結構部份，目前千瓦級以上風力機組，多數出口歐美地區，千瓦級以下風力機組則以風光互補路燈居多。

表 1、主要國家與台灣產業概況

主要概況	中國大陸 (2012)	美國 (2011)	英國 <sup>2</sup> (2011)	台灣 (2012)
小型風力機定義	≤50kW	≤100kW	≤50kW	≤10kW
出貨量(部)	123,000	11,140	6,054	4,497
新增裝置量(部)	92,700	7,303	3,068	278
新增裝置容量(MW)	48.9	19.0	21.8	0.44
累計裝置量(MW)	355.5	198	64.8	-
產值 <sup>1</sup> (億新台幣)	39.0	34.5	26.8	2.99

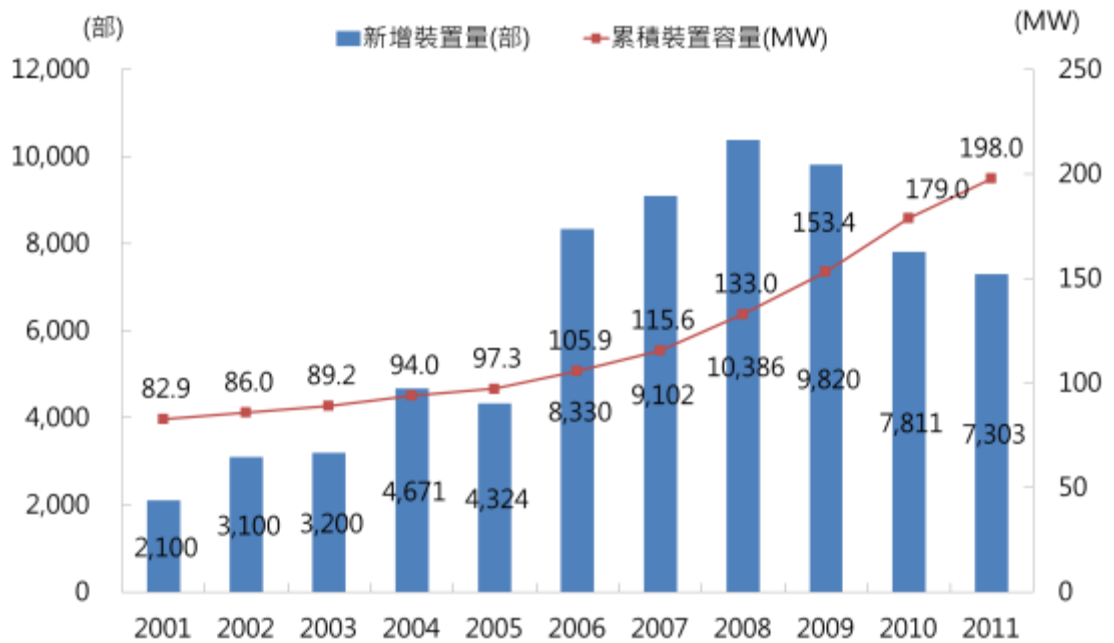
註：1. 人民幣兌台幣匯率以 4.8 元，美元兌台幣 30 元，英鎊兌台幣 48 元計算。

2. 英國的小型風力機(含微型風力機)定義為 50kW 以下之風力機，但因英國風能協會統計資料的區間為 0~1.5kW、1.5kW~15kW 及 15kW~100kW，故上述英國的統計資料尚包含 50kW~100kW 此一「中型風力機」區間。

資料來源：AWEA(2012)、BWEA(2012)、CWEEA(2013)；台灣中小型風力機發展協會整理(2013)。

## (二)美國

1930 年代美國西部已出現小型風力機裝置，隨著機組及電控系統等技術進步，小型風力機應用逐步擴展至住宅電力和專業用電力系統。根據美國風能協會(American Wind Energy Association, AWEA) 2012 年所公佈之年度報告顯示，2011 年美國境內累積裝置容量達到 198MW，居全球第二位，然而受到總體經濟持續疲弱的影響，家用住宅安裝件數明顯減少，整體年新增裝置容量及裝置機組數均呈現下滑。至 2011 年為止，美國小型風力機的市場發展概況如圖 2 所示。



資料來源：AWEA (2012)，台灣中小型風力機發展協會整理(2012)。

圖 2、2011 年美國小型風力機裝置容量

儘管內需市場面臨壓力，廠商銷售容量在出口的帶動下連續第六年維持成長，2011 年美國銷售量前四大廠商為 Northern Power、Southwest Windpower、Bergey Windpower 及 Polaris，國內產品自給率(以機組數計)維持 90% 的水準。整體產業合併內、外銷容量為

33MW，年增率 13.4%，其中出口佔總銷售比重 54%，首度超越內需規模，出口機組數量亦有 41%年增率，出口地區則以中國大陸和歐洲市場為主。進一步分析銷售機種，10kW 以下小型風力機佔總銷售量比例高達 96.6%，另併網型機種為市場主流，佔總銷售容量的 91%。展望未來，廠商樂觀預估在聯邦與各州政府的政策支持，以及電信基地台、柴油風能互補等應用需求拉抬下，市場應可恢復成長動能。關於美國小型風力機內外銷市場之整理如表 2 所示。

表 2、美國小型風力機內外銷容量

年度	內銷容量	外銷容量	總銷售容量(MW)	外銷比重 (%)
2007	8.67	4.3	12.97	33.2%
2008	13	5	18	27.8%
2009	17.8	10	27.8	36.0%
2010	21.1	7.8	28.9	27.0%
2011	15.3	17.7	33	53.6%

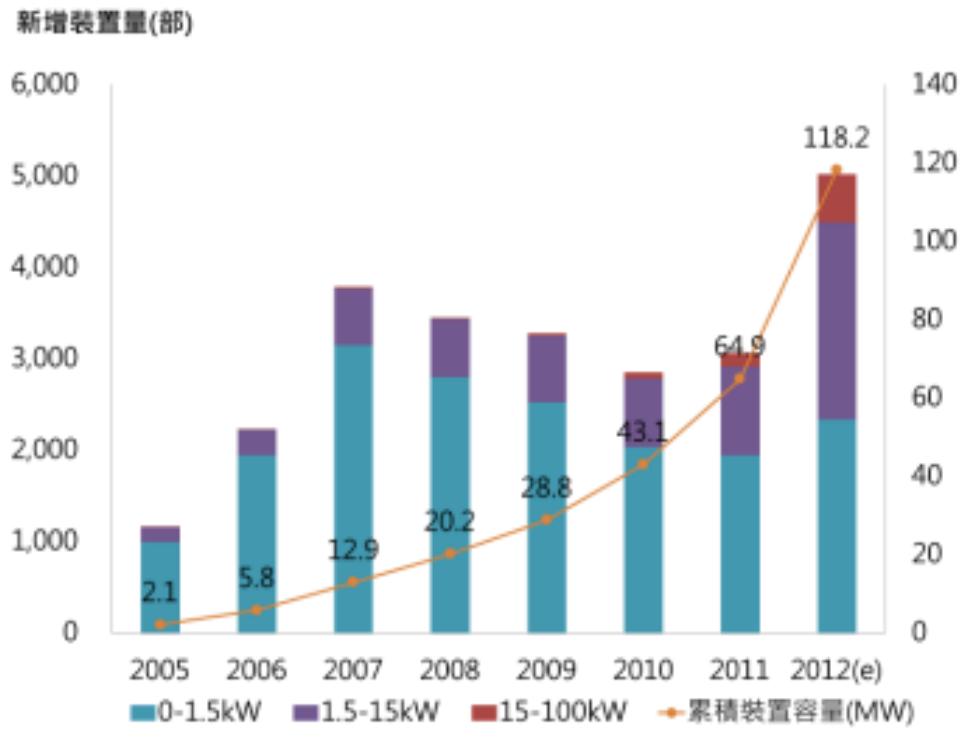
資料來源：AWEA (2012)，台灣中小型風力機發展協會整理(2012)。

### (三)英國

2008 年推動之「微型發電認證計畫」(Microgeneration Certification Scheme)及 2010 年開始實施的電力收購(Feed-in tariffs; FIT)制度，透過產品規格認證與發電補貼增加廠商投入與消費者使用的誘因，使英國小型風力機市場在 2011 年獲得顯著的成長，累積裝置容量持續上升至 64.9MW，並預期 2012 年增量可達 53.3MW (如圖 3 所示)。

由於本土市場發展蓬勃，2011 年英國中小型風力機內銷量逾 3,000 部，首度超越外銷規模，出口國家則以歐盟區、北美、澳洲為主(如圖 4)。分析單機容量發現，1.5~15kW 的小型風力機無論在安裝或銷售層面均屬成長幅度最大的類別，1.5kW 以下的機種雖然仍

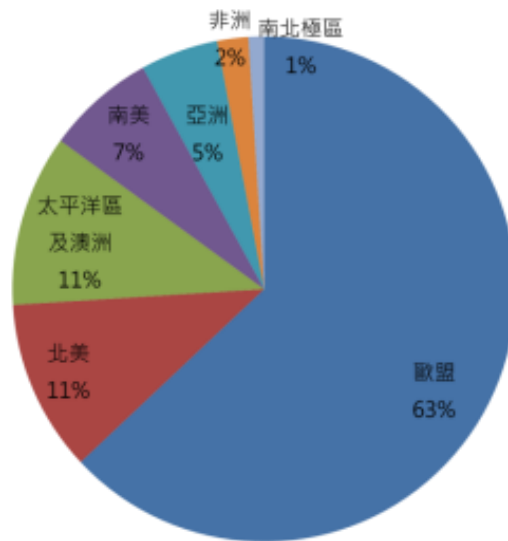
佔 2011 年安裝機組數的 63%，2007 年以來的下滑趨勢反應小型風力機往單機容量提高的方向發展。



註：2012 年為預估值。

資料來源： BWEA (2012)，台灣中小型風力機發展協會整理(2012)。

圖 3、2011 年英國小型風力機新增裝置量



資料來源： BWEA (2012)，台灣中小型風力機發展協會整理(2012)。

圖 4、2011 年英國外銷主要市場

#### (四) 日本

在日本的小型風力機市場發展方面，雖然風力機市場有朝向大型化機組的發展趨勢，但小型風力機每年仍有穩定的成長。日本中小型風力機以往主要應用包括：結合其他種類再生能源之離島微電網及智慧型電網應用、無電網地區之電力供給及災難救援運用等，地方政府為其主要買家；而目前中小型風力機在住宅型系統的應用上逐漸受到重視，愈來愈多廠商以家用分散式電源需求為業務拓展目標。整體而言，隨著替代能源及環保意識高漲，日本對於中小型風力機系統的需求將逐漸增加。

日本的風力機在法律上並無硬性分類機型，不過一般日本依額定功率的規模區分為大型、中型、中小型、小型及微型風力機，其中將 1kW 以上 20kW 以下的機型歸類為小型風力機(如表 3 所示)。



表 3、日本風力機規模分類表

項目	大型	中型	中小型	小型	微型
功率 (kW)	>1,000	500~ 1,000	20~500	1~20	<1

資料來源：Kazuichi Seki (2011.08)，台灣中小型風力機發展協會整理(2012)。

此外，2012 年 4 月日本經濟產業省也通過了新版的再生能源躉購電價制度(如表 4 所示)，並於同年 7 月正式實施，將可吸引國內外廠商競相投入當地市場，然而由於日本躉購電價申設程序較繁雜，且須通過日本小型風力機安全與性能規格(JSWTA:001)才可申請躉購電價。

表 4、日本再生能源躉購電價

再生能源裝置種類	躉購電價 (日幣/KWh)	躉購年限 (年)
未達 20kW 風力發電	55	20
20kW 以上風力發電	20	20
未達 10kW 太陽能發電	42	10
10kW 以上太陽能發電	42	20
未達 10kW 風光互補	34	10
未達 220kW 中小型水力發電	34	20
220kW 以上，未達 1000kW 水力發電	29	20
1000kW 以上，未達 30MW 水力發電	24	20

資料來源：Hikaru Matsumiya(2012)，台灣中小型風力機發展協會整理(2012)。

#### (五)韓國

預訂實施至 2020 年的綠色房屋百萬戶計畫中，安裝 3kW 以下小型風力機或太陽光電系統，最高補助設置成本 60%，現已有 7 部小型風力機申請通過並拿到裝置補助，其中有 3 部為台灣新高能源科

技股份有限公司的產品，顯示台灣小型風力機產業亦已逐步將版圖擴及韓國市場。

## (六)澳洲

澳洲現行的躉購電力方案，係針對不同再生能源種類及裝置量提供不同收購價格，惟自 2013 年起，將參考批發電價統一訂為 8 澳分，並且到 2016 年為止係採每年重新訂價的方式。裝設有合格太陽能、風能、水力及生質能且裝置容量未達 100kW 者，可申辦新型躉購電力方案；此外，2013 年初也會將部份低排放量技術納入可申辦項目。

躉購電力價格均一化並不影響舊用戶費率及合約年限，惟部份現行躉購方案將不再受理新申請，包括每度電收購價至少 25 澳分(僅適用於太陽能光電)的過渡型躉購(Transitional Feed-in Tariff)，以及參考零售電價的「一對一」標準型躉購。若已預付費用(deposit)或已裝設太陽能等其他再生能源系統，則需在 2012 年 9 月 30 日前提出對電力供應商、零售商的併聯申請(connection form or solar connection form)、對電力零售商的電力工程申請、電力安全證明、躉購電力合約之書面文件，審核通過後始得適用過渡型或標準型方案。

## 二、台灣小型風力機產業發展現況

根基於輕機械、小型發電機以及不斷電系統(UPS)的工業技術，台灣廠商已具備 100% 自製小型風力機之能力。10kW 以下之小型風力機現已有十二家系統廠投入開發商業化產品，以採自有品牌出貨為主，僅耀能、利愛等公司另採 OEM 接單生產或 ODM 系統整合經營模式，另有近十家零組件廠商，產品出口比率達 94%，並以中國

大陸、非州、中南美州為主要銷售地區。研發項目方面，1kW 以下小型風力機有九家業者研發共二十二款產品，1~10kW 風力機有十一家以上業者投入二十二款機型系統開發，10kW 以上則有核能研究所投入 25kW 及 150kW 小型風力機開發。以垂直軸來講，全球技術尚在初期階段，而我國現有均豪(群錄)、富田、新高、鴻金達與耀能等系統廠已有開發商業化產品銷售，且具備領先全球技術之競爭能量。有關台灣中小型風力機廠商與研究機構開發類型如表 5 所示。

表 5、台灣中小型風力機廠商與研究機構開發機型

型式	廠商	產品別	經營型式
垂直軸	台達電	300W, 1kW	自有品牌
	富田	400W, 5kW	自有品牌
	東元	1kW	自有品牌
	新高能源	300W, 700W, 1.5kW, 3kW	自有品牌
	鴻金達	200W, 1kW, 3kW, 5kW, 10kW	自有品牌
	耀能	300W, 1.2kW, 3kW	ODM 系統整合
水平軸	台達電	400W, 1kW, 3kW, 5kW	自有品牌
	東元	1kW, 2kW, 3kW, 5kW*	自有品牌
	利愛	300W, 1.5kW, 3kW, 5kW	OEM 整合
	風技綠能	2kW	自有品牌
	恒耀	100W, 300W, 600W, 1.2kW	自有品牌
	峻豹	100W, 200W, 1kW, 5kW*	自有品牌
	耀能	400W, 600W, 1kW, 2kW, 3kW	ODM 系統整合

型式	廠商	產品別	經營型式
	豐福	2kW	自有品牌
	瀚創	2kW	自有品牌
	核研所	25kW, 150kW*	研究機構

註：\*表示為研發中機種。

資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

### (一)產業發展現況分析

根據台灣中小型風力機發展協會與台灣經濟研究院 2012 年及 2013 年針對台灣目前已有生產實績的小型風力機及零組件廠商所做的調查顯示，2011 年台灣小型風力機產能達到 36,951 台，較 2010 年提高 12,419 台，而 2012 年則考量景氣調降至 28,800 台，但廠商預估 2013 年產能將調升至 30,700 台；出貨量則因台灣中小型風力機在無政府政策下，自立自生面臨國外眾多競爭壓力，中國大陸市場訂單並未延續，在 2011 年下滑至 5,331 台，較 2010 年減少 29.8%；而 2012 年又因部分廠商之新客戶尚未完全消化庫存、聯合國採購案結束及景氣影響等因素，故降至 4,497 台，但廠商仍預估 2013 年出貨有機會再度提升至近 10,000 台，主要是因為廠商通過日本海事協會(ClassNK)檢驗進入日本躉購電價合格廠商及接獲大陸市場大型標案。而在產值部分，2011 年產值約新台幣 1.31 億元，相較 2010 年降低 13%，而 2012 年因垂直軸出貨增幅較多，故成長至 3 億元，較 2011 年成長 107%，並且廠商預估未來 2013 年垂直軸與水平軸出貨將增加超過 1 倍，因此產值預估可提升至 6.35 億元。國內小型風力機系統廠商家數目前至少約有 10 家具備生產能量，2011 及 2012 年有出貨實績者約 6 家，2012 年平均每家廠商產值約 49.83 百萬元新台幣。有關台灣近四年的小型風力機市場發展概況如表 6 所示。

表 6、台灣小型風力機產業發展概況

	2010	2011	2012	2013(預 估)
產能(台)	24,532	36,951	28,800	30,700
產量(台)	7,395	6,581	5,230	10,320
出貨量(台)	7,589	5,331	4,497	9,720
產值(新台幣百萬元)	185	131	300	635

註：產值為不含零組件與安裝。

資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

## (二)貿易趨勢分析

若以近幾年產品之內外銷趨勢來進行小型風力機產業的貿易趨勢分析，從調查結果可以發現，2012年之內銷數量為278台，外銷則為4,219台，外銷比重為94%，其中中國大陸佔比最高(67%)，非洲及中南美洲其次(16%)，再來是亞洲其它地區(13%)、歐洲(3%)及美國(2%)，展望2013年，外銷仍佔我國小型風力機市場之主要地位，而其中又以中國大陸佔比最高(約52%)，亞洲其他地區次之(24%)。我國小型風力機近四年內外銷出貨狀況如表7所示。

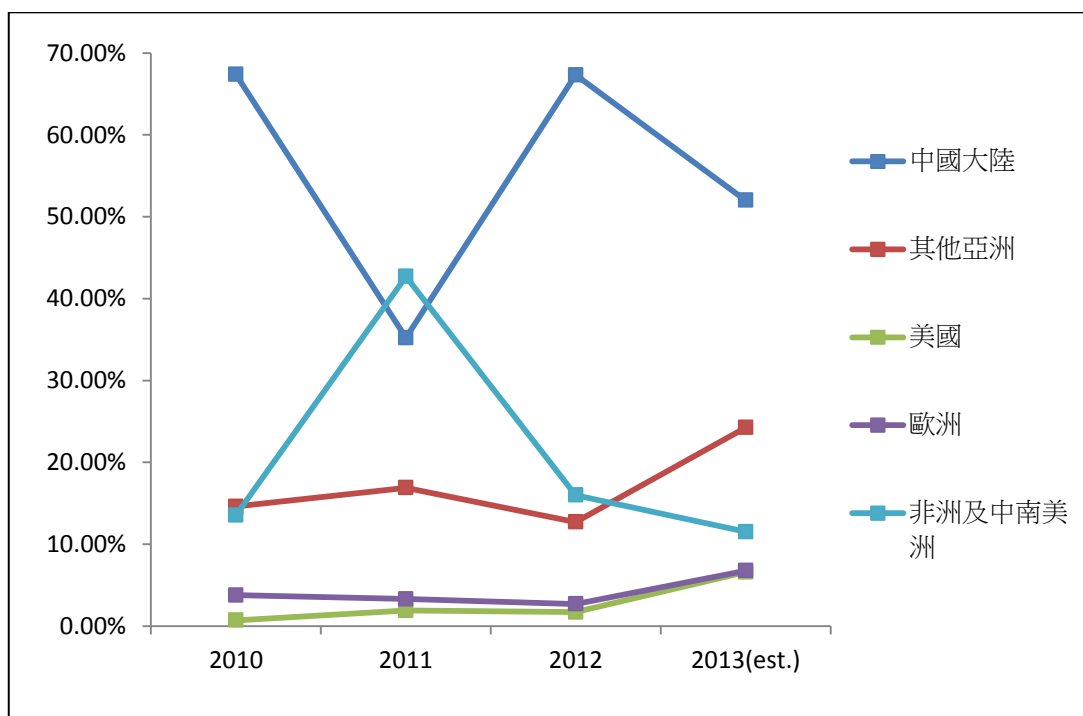
表 7、台灣中小型風力機內外銷出貨情況

	2010年	2011年	2012年	2013年(預 估)
風力發電機出貨量(台)	7,589	5,331	4,497	9,720
內銷數量(台)	409	320	278	670
外銷數量(台)	7,180	5,011	4,219	9,050
內銷比重	5%	6%	6%	7%
外銷比重	94%	94%	94%	93%
中國大陸	67%	35%	67%	51%
亞洲其他地區	14%	17%	13%	24%
美國	1%	2%	2%	7%

	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年(預估)
歐洲	4%	3%	3%	7%
非洲及中南美洲	14%	43%	16%	11%

資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

另外，若以近四年台灣小型風力機的出口地區的變動來分析，出口中國大陸的部分由 2010 年的 67% 下降至 2011 年的 35%，再於 2012 年緩慢回升至 67%，並預估 2013 年比例將下修至 52%；而其他部分主要出口地區為中南美洲及非洲，在 2011 年來到了最大的出口比例 (43%)；其他亞洲國家則為成長力道最強之地區，歐洲及美國出口市場則為穩定小幅度之成長。關於我國近四年小型風力機出口之變化如圖 5 所示。



資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

圖 5、我國近四年出口國家/地區變動分析

### (三)不同機型之市場概況分析

若從水平軸和垂直軸之機型來分析，2011 年台灣水平軸風力機的出貨量為 4,496 台，約佔總出貨量之 84.3%，然而 2012 年垂直軸風力機出貨量大幅提升至 1,671 台，約佔總出貨量之 37%，預估 2013 年垂直軸與水平軸出貨將較 2012 年提升各 1.15 及 1.02 倍；而以營業額來看，由於垂直軸風力機平均單價較水平軸為高，故 2011 年水平軸風力機之營業額僅佔整個風力機產業之 46.7%，然而 2012 年垂直軸出貨提升緣故，水平軸營業額下修至 31%。(如表 8 所示)。

表 8、台灣小型風力機水平軸和垂直軸機種之營業概況

機型	水平軸				垂直軸			
	2010	2011	2012	2013 (預估)	2010	2011	2012	2013 (預估)
出貨量(台)	5,696	4,496	2,826	5,700	1,894	835	1,671	4,020
營業額(百萬元新台幣)	42	98	93	199	142	112	207	436

資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

### 三、 小型風力機標準發展概況

在標準發展概況方面，中小型風力機標準國際上大多參照國際電機工程委員會(IEC)所屬 TC88 於 2006 年公告之 IEC 61400-2，作為小型風力機設計要求。然而，由於該標準乃沿襲大型風力機概念，對於小型風力機產品而言過於繁複並不適用，因此英國 BWEA (2008) 及美國 AWEA (2009) 均對參考 IEC 61400-2 予以簡化與增補，制訂了以風場實測為精神的小型風力機性能與安全標準，並逐漸形成國內外產品進入其市場或取得其國內政策補助的重要產品標準要求。

亞洲國家如日本亦於 2011 年 11 月公布小型風力機安全與性能規格 (JSWTA0001:2011)，即為參考 IEC、BWEA 及 AWEA 而制定的產業標準。而 IEC 61400-2 國際標準維護小組(MT2)也意識到該標準的落後性，因此以提出納入 BWEA(2008)及 AWEA(2009)的修訂精神，及考慮修正過去標準僅考量水平軸風力機的評估方式，將垂直軸風力機之評估納入第三版 IEC 61400-2 標準中。2012 年 8 月此第三版之表決草案(CDV)已於 IEC 網站上公布。

由於 IEC MT2 未來三到四年內將不再為 IEC 61400-2 標準召開會議，有關小型風力機標準技術問題與發展交由 IEA Wind Task 27 負責，因此掌握 IEA Task 27 小型風力機技術發展趨勢非常重要。IEA Task 27 是國際能源總署(IEA) 執行風能系統研究發展合作協定(簡稱 IEA Wind) 下所發展的一個專案研究活動，參與成員包括參與 IEA Wind 的會員國所指定的組織。

在 2009 年至 2011 年的第一期研究活動期間，Task 27 主要完成兩項任務：(1)完成小型風力機消費者標示建議報告，提示給全球消費者如何經由消費者標示，比較不同的小型風力機產品品質，提出產生此國際認同的消費者標示需完成耐久、功率性能及噪音試驗；(2)建構小型風力機測試組織(Small Wind Association of Testers，簡稱 SWAT)，規劃每年召集國際上各個驗證機構和測試機構聚集研討小型風力機各項驗證與測試技術之發展，第一次 SWAT 國際會議已於 2012 年 4 月召開，第二次會議於 2013 年 4 月在西班牙召開。

在 2012 年至 2016 年的第二期研究活動執行期間，IEA Task27 將發展既有環境下小型風力機相關的設計導則，主要包含四項研究



主題。主題一為如何發展 SWAT 組織及實踐風力機標示的發佈，目前 Task 27 關於小型風力機標示發佈和管理的概念仍未完全成熟，主要是因為 SWAT 組織仍未定型，參加成員、管理機構和評鑑方式等均尚待研討後確認。第二和第三項主題為針對小型風力機安裝於非平坦地形，希望能發展出在既有環境下(包括建築物或森林等高粗糙度地形)，小型風力機的性能影響和細部風資源的評估方法，以及發展出針對 BWT 的試驗和設計標準。主題四則是依據第二和第三項研究成果，發展適合既有環境特性的 BWT 消費者標示和其所依據的實踐規範。

IEA Wind Task27 目前討論的資訊內容，如高紊流模型與參數、高紊流風機效能及其分級、微觀選址、高紊流風機試驗方法等，可能會使得小型風力機的設計、安全、與性能考量脫離過去承襲自大風機的窠臼，而形成新一套理論基礎，對未來小型風力機的研發有一定影響力。有關 IEA Wind Task27 未來技術的研究主題如表 9 所示。

表 9、IEA Task27 未來四年小型風力機技術發展方向

Working Package 1	建構 SWAT 和消費者標章(SWAT-Small Wind Association of Testers/Label deployment)
Working Package 2	針對高紊流風資源進行分析和建模(Analyze and model highly turbulent wind resource)
Working Package 3	針對高紊流環境進行屋頂試驗和風機效能比對 (Collection of “new” wind resource from rooftop test site and turbine data for comparison of power performance results in highly turbulent environment)
Working Package 4	發展高紊流風場微觀選址之建議實踐規範草案 (Develop draft Recommended Practice, on “micro-siting of SWT in highly turbulent sites)

資料來源：台灣中小型風力機發展協會(2012)。

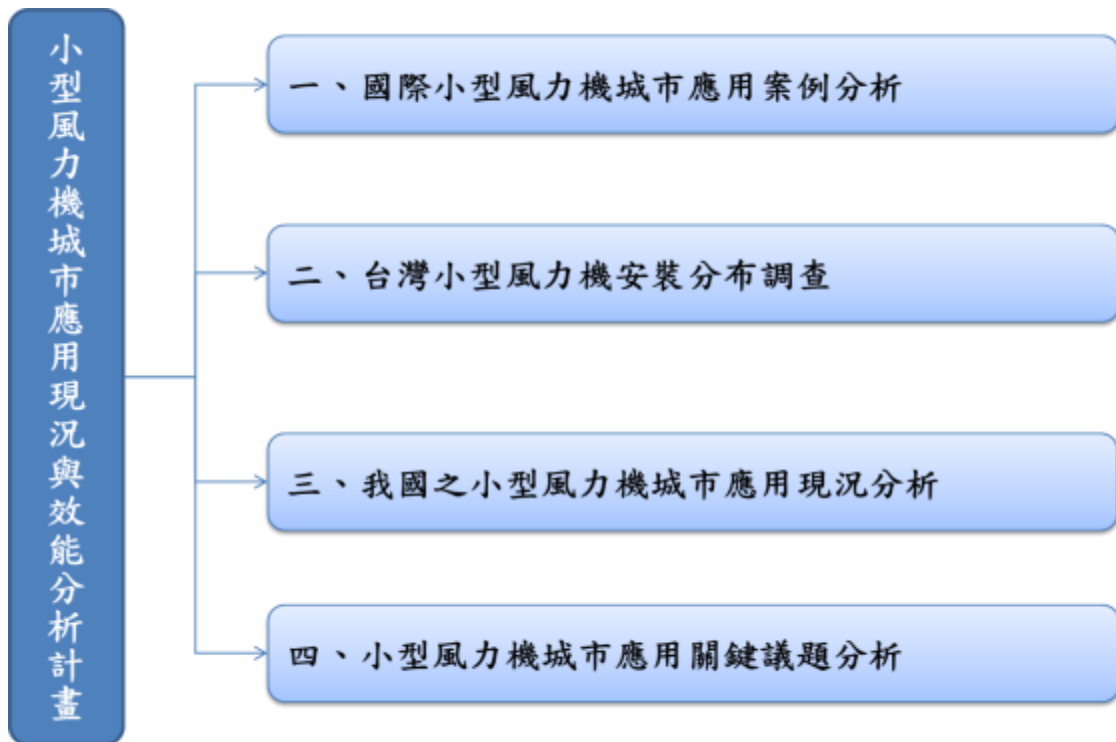
#### 四、 小結

基於上述資料，理解到目前國際上小型風力機應用已漸由離網邁向併網，由偏遠邁向都市，啟發欲瞭解小型風力機在城市應用之最新趨勢。但是，台灣小型風力機產業以外銷為主，國內裝置案例大多數皆為學校教學目的或公務機關宣導採購，缺乏商業化設置案例及研究試驗性質安裝案例，並未進行發電量統計，過去也未針對相關案例進行分析。

有鑑於國際上針對小型風力機技術發展，朝向城市型風力機發展趨勢，國內有必要建立目前台灣小型風力機在城市應用現況資料，並瞭解國外在城市應用所面臨的問題或瓶頸，以找出國內發展城市型小型風力機之關鍵議題。

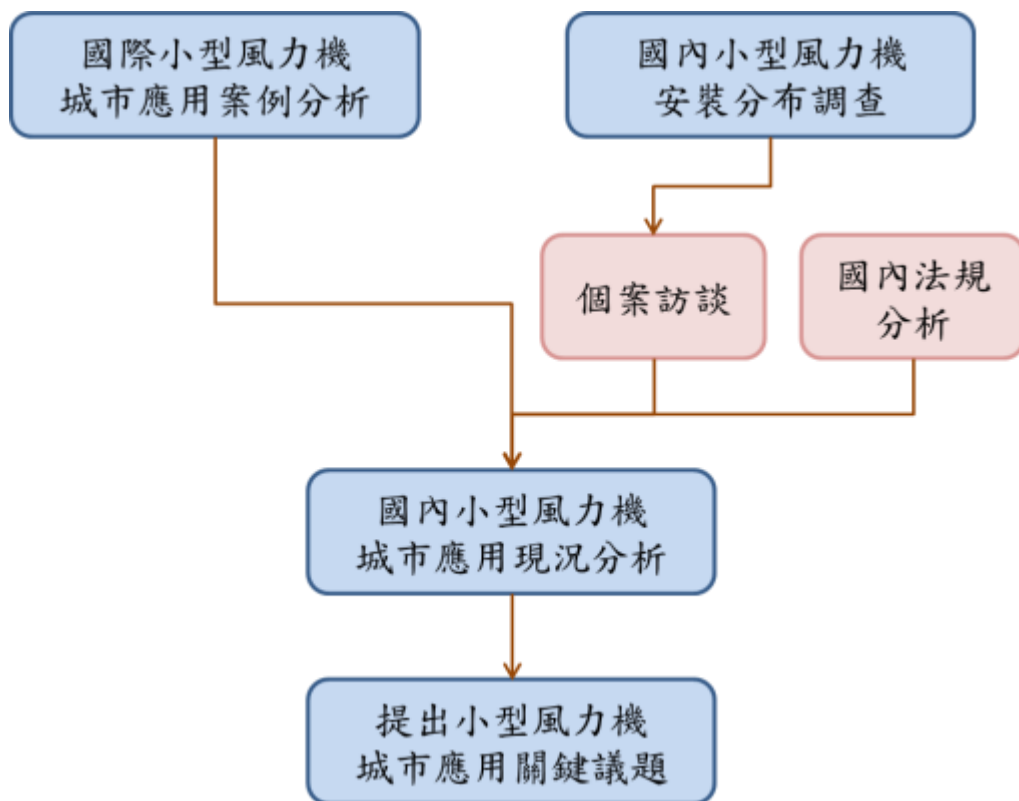
## 貳、研究方法與過程

本研究方法透過個案訪談，調查台灣北、南、東部及離島地區小型風力機裝設概況與效能，瞭解國內小型風力機於城市應用現況。並參考國際小型風力機城市應用案例，提出小型風力機城市應用關鍵議題，以作為國內產業界未來發展小型風力機城市應用之重要參考依據。整體工作內容包含四大部分，研究架構如圖 6 所示，研究流程如圖 7 所示。



資料來源：本研究整理(2013)。

圖 6、本研究架構圖



資料來源：本研究整理(2013)。

圖 7、本研究流程圖

### 一、國際小型風力機城市應用案例分析

小型風力機因其特性，與大型風力機作為能源替代之用途不同，以往主要應用於偏遠電網無法到達之地區，作為農場、偏遠地區住宅、通訊設施等替代電力的發電來源。近年來，在全球發展分散式電力的趨勢下，小型風力機之設置區位已經有由偏遠地區邁向都市、由離網型邁向併網型之趨勢，而小型風力機與建築整合之應用也已成爲小風機市場的顯學，與建築整合之小型風力機具有併聯成本較低及發電可直接於用戶端使用等優點，且較沒有電力傳送損耗之問題，故目前在國際上已有越來越多城市小型風力機建築整合應用之案例。本研究已彙整分析國際上針對城市建築整合型小型風力機之

應用案例，包括小型風力機城市應用案例的裝置地點、設置小型風力機的法規限制、發電效能及城市風況資料之蒐集等，以瞭解國際上對於小型風力機城市應用的最新趨勢，並做為我國未來推動城市型小型風力機發展之借鏡。

### (一)美國州政府城市型小型風力機示範計畫

以美國為例，美國的幾個州政府已經進行了城市型小型風力機相關的示範計畫，例如佛蒙特州(Vermont)小型風能示範計畫，計畫內容詳述如下。

佛蒙特州的小型風能示範計畫(The Vermont Small-scale Wind Energy Demonstration Program)，是由美國能源部(Department of Energy；DOE)資助該州之公眾服務部(Department of Public Service；DPS)執行，自 2003 年 7 月開始裝置第一部風力機，至 2011 年為止累計共建立了 18 個示範場址進行量測，並提供達 200kW 裝置容量額度於該州的學校、公立機關、農莊電網，目前將近有 20 個小型風力機系統參與示範計畫，範圍遍及該州各郡。為更了解這些小型風力機示範系統在佛蒙特州各種不同環境下的性能，DPS 要求 Northeast Wind (VERA)安裝性能監控設備在所有示範系統中，並監測和分析其量測結果。由於參與示範計畫之小型風力機運轉資料必須公開，從小型風力機示範系統收集到的數據，會每月發布至網站，該網站並已於 2006 年 3 月推出，民眾可直接上網擷取各示範系統即時或歷史統計運轉數據，以做為自己在鄰近地區投資類似小型風力機系統的重要參考資料。有關佛蒙特州小型風力機示範計畫之案例如圖 8 所示。



Alburgh 市遊客中心  
(Bergey 10kW 風機)

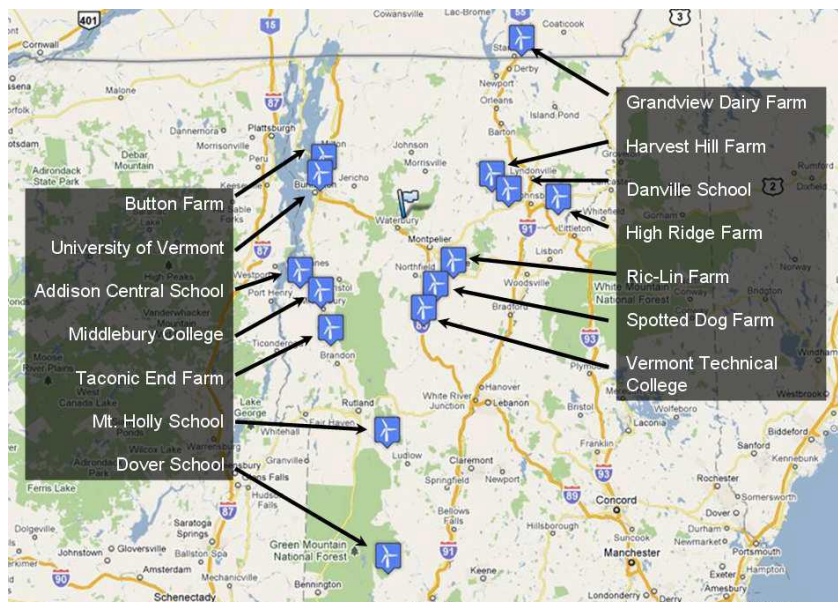
Butterworks 農莊  
(Vestas 35kW 風機)

Dover 小學  
(Bergey 10kW 風機)

資料來源：<http://www.vtwindprogram.org/>

圖 8、美國佛蒙特州的小型風能示範計畫案例

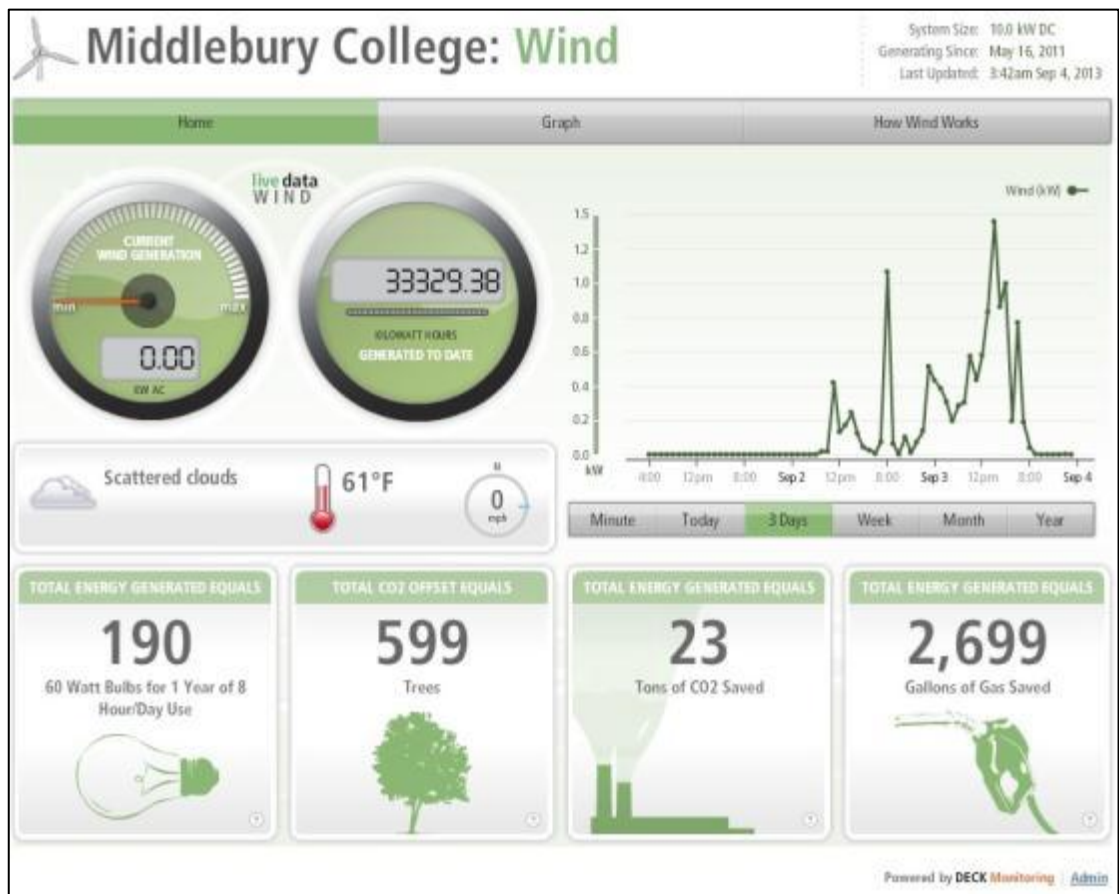
考量量測設備與風力機的相容程度，在佛蒙特州小型風能示範計畫中選定了 14 個測站的資料進行研究，各測站的分布區域如圖 9 所示，而圖 10 則為網站運行之畫面，其公開之內容包含各個測站之即時發電量、累積發電量、發電時數、氣溫及資料紀錄起迄時間等，並以每分鐘、每日、3 日、每週、每月及一年為期進行資料紀錄及分析。



資料來源：Vermont Small-Scale Wind Energy Demonstration Program Final Report, June 2011。

圖 9、美國佛蒙特州小型風能示範計畫測站分布圖

以 Middlebury 大學的即時監控畫面為例，該測站安裝 10kw 的 Bergey XL-S 小型風力機，監控系統自 2011 年 5 月 16 日開始紀錄發電資料，並將累計發電量換算成四種量化指標，如圖 10 所示，累計發電量 33,329KWH 相當於一個 60 瓦的電燈泡每天開 8 小時，可以連續使用 190 年；其減碳量則大約相當於 599 顆中型針葉樹，每顆樹連續 10 年之 CO2 吸收量，相當於 23 噸的 CO2 減碳量；亦相當於節省 2699 加侖之汽油。該計畫期間內，民眾或廠商可以透過即時監控系統，了解各個測站的發電情況，藉以評估安裝的必要性。



資料來源：Vermont Small-Scale Wind Energy Demonstration Program Final Report, June 2011

圖 10、美國佛蒙特州小型風能示範計畫網站運轉資料畫面



資料來源：Vermont Small-Scale Wind Energy Demonstration Program Final Report, June 2011

圖 11、Middlebury 大學示範實績

## (二)英國 Warwick 試驗計畫

英國於 2007 年開始的 Warwick 試驗(Encraft Warwick Wind Trials Project)是目前為止對城市建築整合型小型風力機效能研究與測試最有系統的一個試驗計畫，此計畫在英國各地裝設了五家廠商共 26 台建築整合型小型風力機，在 2007 年 7 月至 2008 年 10 月的計畫期間內，一共累積蒐集 26 座風機 168,950 小時的風機運轉資料。而在此計畫中，小型風力機安裝在各種建築整合之環境，包括較差的都市內單層樓之環境(single storey urban buildings)，以及風況較好的戶外建築屋頂整合環境(45 公尺高於山丘上之單棟建築)等，以蒐集到各種不同狀況之風力機發電效能資料。有關參與此試驗計畫的小型風力機產品型號及所安裝之建築整合環境，如表 10 及表 11 所示。

該計畫的研究結果顯示，城市建築整合型小型風力機之平均容量



因素(capacity factor)僅 0.85%，就算扣除風力機關機時間後，平均容量因素也僅為 4.15%，與一般大型風力機的容量因素 10%~30% 相比，實測結果相差甚大。就算是在本試驗中之小型風力機比較，在不同建築環境下之小型風力機效能也有很大之差距，發電效能最好之小型風力機的年發電量約為發電效能最差的 78 倍。以下將詳述 26 個示範風機中的 2 個案例，深入說明案例之安裝情況及運轉效能。

表 10、Warwick Wind Trial 使用之小型風力機機種名稱及型號

	
Ampair 600 230 (600W)	Zephyr AirDolphin Z1000 (1kW)
	
Eclectic StealthGen D400 (400W)	Windsave WS1000、 WS1200 (1kW、1.25kW)

註：Windsave 的 1kW 型風力機(WS1000)於 2008 年後更換成 1.25kW 型(WS1200)

資料來源：Overview of the Encraft Warwick Wind Trial, Encraft, David Hailes(2009)

表 11、Warwick Wind Trial 小型風力機與建築整合型態

			
三角牆邊	平坦屋頂型	屋頂邊緣	地面型(對照組)

資料來源：Overview of the Encraft Warwick Wind Trial, Encraft, David Hailes(2009)

### 1. West Staddon 農莊屋頂案例

在北德文郡的 West Staddon 農莊為 26 個示範計畫之一(如圖 12 所示)，由於位置鄰近海岸線，預期該區之風速條件應該較佳，因此該計畫於農場屋舍的三角牆邊架設型號為 Windsave WS1200 之小型風力機，同時加裝阻尼器於系統中，用以降低結構共振所造成之震動干擾。然而由於農舍位置偏遠，供電的品質不太穩定，因此風機於 2008 年底已經停止運轉。風機詳細資料如表 12 所示，而運轉的實際資料如表 13 所示，紀錄時間自 2008 年 4 月 16 日起至 10 月 16 日，計算出每個月的平均風速、累計發電度數以及每日平均發電量。



資料來源：Overview of the Encraft Warwick Wind Trial, Encraft, David Hailes(2009)

圖 12、West Staddon 農莊小型風力機

表 12、West Staddon 農莊小型風力機詳細資料

安裝類型	三角牆邊
風機型號	Windsave WS1200
風機容量	1.25kW
是否安裝風速計	是
資料收集期間	2008/04/16~ 2008/10/16
資料累計時數	4348hr
預估風速	$6.3\text{ms}^{-1}$ at 10m
平均風速	$3.25\text{ms}^{-1}$

累計發電量	68.41kWh
預估發電量	185.64kWh
最佳容量因素	1.70%
實際容量因素	1.26%

資料來源：<http://www.warwickwindtrials.org.uk/resources>

表 13、West Staddon 農莊小型風力機實際運轉數據

紀錄時間	平均風速 ( $\text{ms}^{-1}$ )	累計發電 度數 (kWh)	平均每日發 電量(Wh)
2008/04/16~2008/10/16	3.25	68.41	378
2008 年 5 月	2.87	3.42	110
2008 年 6 月	2.85	9.18	306
2008 年 7 月	3.34	15.11	487
2008 年 8 月	3.37	15.86	512
2008 年 9 月	2.74	10.43	348

資料來源：<http://www.warwickwindtrials.org.uk/resources>

## 2. Southorn 法院樓頂平台案例

Southorn 法院於 7 層樓高，面向南面的樓頂平台上，架設了兩座 Ampair 小型風力機(如圖 13 所示)，風機大約距離屋頂地面 5 公尺高，由於鄰近的 Eden 法院高度相近，可能會因遮蔽效果而影響到風機的運轉效率。另一方面，兩座小型風力機在架設初期，皆有請地方政府認可的結構技師做評估，並在風機底部裝設基底作保護。此座 600W 小型風力機的詳細資料如表 14 所示，其中累計發電量與預估

發電量相差甚大，因此計算出的實際容量因素僅 1.49%，而風機實際運轉數據則如表 15 所示，由於 2008 年上半年受噪音的困擾而關閉半年，後續也僅重新運轉 3 個月，即決定永久關閉。



資料來源：<http://www.warwickwindtrials.org.uk/resources/>

圖 13、Southorn 法院樓頂平台小型風力機

表 14、Southorn 法院樓頂平台小型風力機詳細資料

安裝類型	平坦屋頂型
風機型號	Ampair 600 230
風機容量	600W
是否安裝風速計	是
資料收集期間	2007/10/30 ~2008/10/13
資料累計時數	7705hr

預估風速	5.8ms <sup>-1</sup> at 25m
平均風速	5.02ms <sup>-1</sup>
累計發電量	50.27kWh
預估發電量	1084.48kWh
最佳容量因素	9.79%
實際容量因素	1.49%

資料來源：<http://www.warwickwindtrials.org.uk/resources/>

表 15、Southorn 法院樓頂平台小型風力機實際運轉數據

紀錄時間	平均風速 (ms <sup>-1</sup> )	累計發電度 數 (kWh)	平均每日發電 量(Wh)
2007/10/30~2008/10/13	5.02	50.27	157
2007 年 11 月	4.33	5.28	176
2007 年 12 月	5.51	1.46	47
2008 年 1 月	6.61	0	0
2008 年 2 月	4.99	0	0
2008 年 3 月	6.11	0	0
2008 年 4 月	5.17	0	0
2008 年 5 月	5.30	0	0
2008 年 6 月	4.26	0	0
2008 年 7 月	4.14	20.46	660
2008 年 8 月	4.54	25.80	832
2008 年 9 月	3.87	17.25	576

資料來源：<http://www.warwickwindtrials.org.uk/resources/>

### (三) 歐盟智慧能源計畫資助的都市型整合風能計畫

由歐盟智慧能源計畫資助的都市型整合風能(Wind Energy Integration in the Urban Environment ; WINEUR)計畫也進行了城市型小型風力機的應用及效能研究。此計畫的目標在於建構將小型風力機架設於都市環境的條件、將都市型風力機作為城市供電來源的選項之一，以應付可能的缺電狀況、評估目前都市風力機的實際操作經驗以及技術上的瓶頸、規劃都市型風力機併網的技術與策略，以及挑選可能的小型風力機示範城市等。此計畫已經在荷蘭、英國、法國許多城市安裝小型風力機，並將所監測的資料紀錄於資料庫中。為了促進小型風機在都市的發展，WINEUR 計畫組織了相關的團體並建構歐洲都市型風力機網路。此網路的任務是要促使都市型小型風機資訊的交流、刺激相關技術的進步、以及市場的發展。目前大約有 60 個來自荷蘭的組織已經加入了這個網路，20 個組織來自英國，10 個組織來自法國。

根據 WINEUR 計畫執行成果，都市型小型風機架設在建築物環境中所產生能源量相當有潛力。當地政府應該要扮演輔助的角色，並藉由示範和提供相關計畫來刺激革新和其他技術的發展。而其研究結果顯示，在所有建置風機的安裝理由中，46%是教育因素，26%是環境因素，20%是改善組織形象。雖然在有些案例中，發電效益仍未完全彰顯，但許多購置風機的用戶卻很高興能替身處的環境盡一份心力。

另外，WINEUR 計畫也完成提出了針對都市區風力機安裝位置之經驗法則，包括：

1. 選定架設小型風力機之地點，其平均風速高於 5.5 m/s。
2. 要架設在屋頂上的風機，其高度應該大約要高於附近障礙物 50%。
3. 風力機應該要被放在靠近屋頂中間且對該地點而言的風方向是差不多的。
4. 轉子最低的位置也應該要高於屋頂，且超出建築物高度的 30%。
5. 盡可能將風機安裝於斜面，該地形有利風速提升。

而在城市風機發展瓶頸與建議上，提出下列事項：

1. 城市風機資訊取得不易
2. 無國際標準驗證，造成劣幣驅良幣使民眾有負面觀感
3. 選址複雜，無簡易工具輔助
4. 行政費用過高(如雜照)，往往占一半投資額
5. 申請流程複雜，各地方政府作法各異，且資訊取得不易
6. 政府應扮演輔助腳色，透過示範及財務誘因獎勵裝置

上述國際小型風力機城市應用具規模之示範案例，整理如下表 16 所示。



表 16、國際小型風力機城市應用案例

案例	選址條件	裝置區域	裝置目的
美國佛蒙特州示範計畫 (2003.7-2011.6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>由 20 個已安裝場址，考量風機與量測設備相容性，選取 14 個示範場址，加裝遠端監控設備</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>學校</li> <li>公立機關</li> <li>農莊電網</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>取得各區域示範系統<b>運轉數據</b></li> <li>提供當地民眾裝設小型風力機前，可先參考附近示範場址風況及發電資訊</li> </ul>
英國 Encraft Warwick 風試驗計畫 (2007.7-2008.10)	<ul style="list-style-type: none"> <li>參考實際風速及 NOABL 預測風速</li> <li>屋頂裝置類型(整合式、掛載式、增強式)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>農場</li> <li>地方建設</li> <li>城市住宅</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>城市建築整合型小型風力機效能研究與測試</li> <li>建立安裝於各種建築整合環境之運轉資訊</li> </ul>
歐盟 WINEUR 都市型風機計畫 (2004 年初-2007 年 2 月)	<ul style="list-style-type: none"> <li>平均風速 <math>\geq 5.5</math> m/s</li> <li>屋頂型風力機應高於附近障礙物 30~50%</li> <li>屋頂可承受風機運轉時震動量</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>荷蘭</li> <li>英國</li> <li>法國</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>建構 2kW 以下小型風力機裝置於城市環境的條件</li> <li>評估城市風機的<b>實際操作經驗</b>以及瓶頸</li> <li><b>建立安裝選址要點</b></li> </ul>

資料來源：本研究整理。

#### (四)其他國家城市應用風能計畫

在其它國家小型風力機城市應用示範部分，荷蘭的永續三角(Duurzaame Driehoek)計畫則是由多家小型風力機廠商聯合執行，計畫在 Den Bosch、Tilburg 及 Eindhoven 等三個地點架設共 7 座小型風力機在不同的建築物上，其目的是為了評估城市型小型風力機發展的可能性及優缺點；而在菲律賓，菲國科技部(Department of Science and Technology)在日本外貿組織(The Japan External Trade Organization)資助下，從 2009 年開始展開一系列的測試示範計畫。菲律賓位處低緯度、領域內年平均風速少數接近於 6m/s，多數為 5m/s 以下或更低，因此，在風能利用上特別著重在可以低風速發電的中小型風力機，在該測試示範計畫中，測試可供發展或引進的小型風力機型態。首部小型風力機為 Looping 公司開發的 2kW 風機，該風機號稱低風速、低噪音、具備良好耐久性。這個計畫還預備引進更多型的風機，以瞭解在菲國進行大規模小型風力機分散式發電的技術和策略等問題，目前至少已在鄰近馬尼拉地區的三個地點建置示範與測試系統。有關菲律賓小型風力機示範計畫案例如圖 14 所示。



(a)屋頂型



(b)地面型

資料來源：<http://www.icett.or.jp/whnew.nsf/>

圖 14、菲律賓的小型風力機示範計畫案例

## 二、台灣小型風力機安裝分布調查

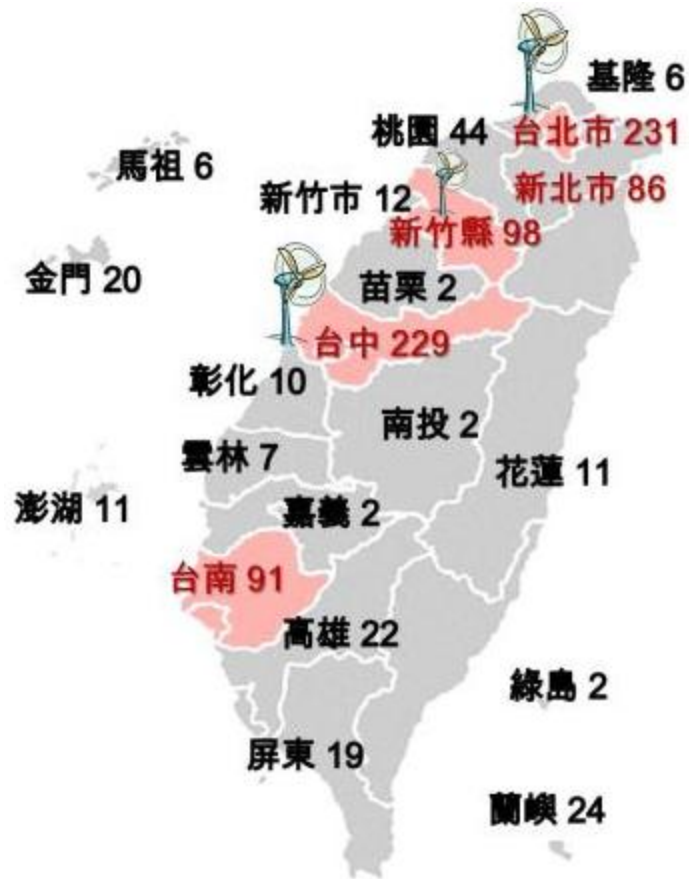
### (一)安裝分布調查

在 2010 年至 2012 年國內裝置分布比例方面，主要調查對象為國內出貨量比重最高的 6 家廠商(新高能源科技股份有限公司、峻豹科技股份有限公司、恒耀工業股份有限公司、耀能科技股份有限公司、台達電子工業股份有限公司、鴻金達科技股份有限公司)，累計裝置量為 941 部。由表 17 可知從 2010 年到 2012 年國內小型風力機安裝分布比例以北部地區最高、中部次之；裝置量如圖 15 所示，排名以台北市居冠，共裝設 231 部，占總裝置量的 24.5%，其次為大台中地區，裝置量為 229 部，占總裝置量的 24.3%，第三名則為新竹縣，裝置量共 98 部，占 10.4%。而在 2012 年新增裝置量的部分，則是以北部地區居冠，共計新增 180 部，其次為南部地區 67 部，第三名為中部地區 42 部，各比例分布如表 18 所示；新裝置部分則有逐漸由北部地區推廣至南部地區。其中也觀察到離島地區雖為風資源最佳區域，然而根據調查結果可以發現，國內裝置於離島的風力機比例仍然偏低，顯示尚未能妥善利用離島風力資源。

表 17、國內小型風力機 2010~2012 年安裝分布比例

2010~2012 年國內裝置分布比例	北部	中部	南部	東部	離島	國內累積安裝台數
各廠商累積比例	50.9%	26.4%	14.9%	1.2%	6.7%	941

資料來源：台灣中小型風力機發展協會統計(2013)。



資料來源：台灣中小型風力機發展協會統計(2013)。

圖 15、國內 2010~2012 年累計裝置分布圖

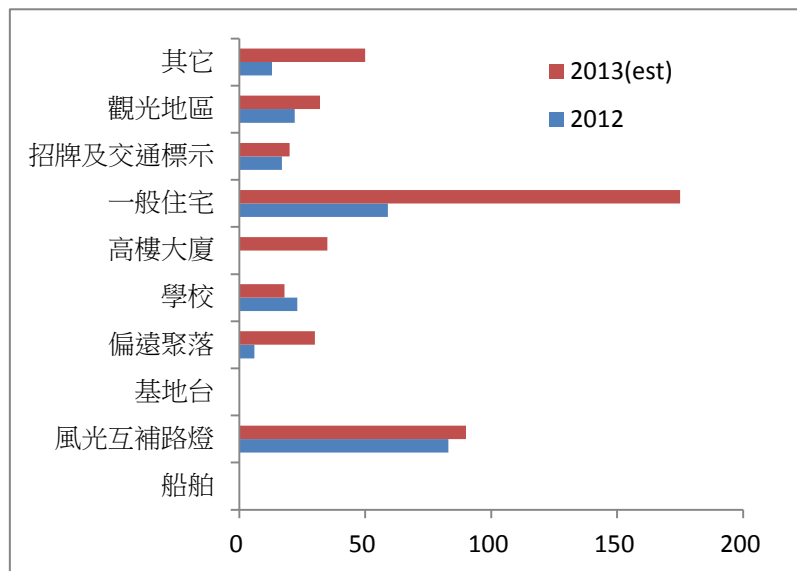
表 18、國內小型風力機 2012 年安裝分布比例

2012 年國內裝置分布比例	北部	中部	南部	東部	離島	國內累積安裝台數
各廠商累積比例	58.4%	13.6%	21.8%	0.7%	5.5%	308

資料來源：台灣中小型風力機發展協會統計(2013)。

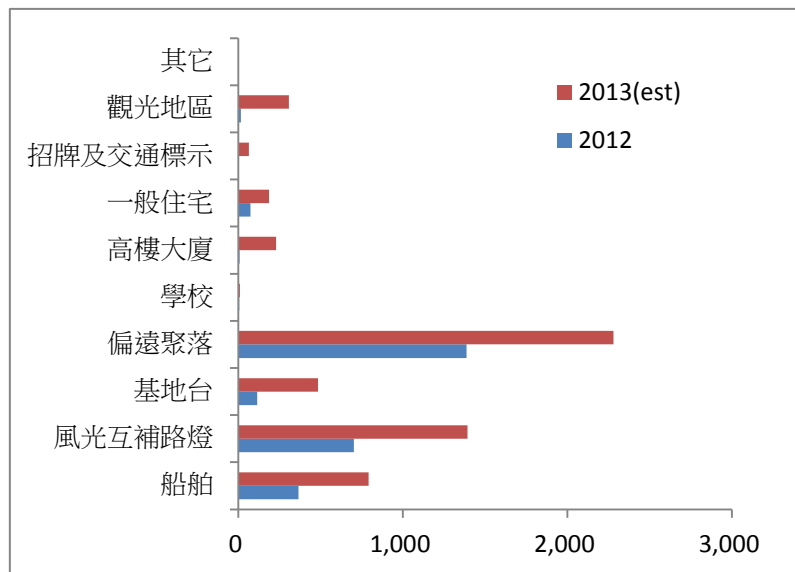
## (二)國內市場裝置應用分析

若針對國內市場之應用進行分析，2012 年主要應用市場為風光互補路燈及一般住宅，且目前國內並無應用於船舶市場；廠商預估 2013 年之主要應用市場差異為一般住宅之應用部分，調查結果顯示 2013 年小型風力機在一般住宅運用將會有突破性成長。與 2012 年相較，除一般住宅應用項目外，偏遠聚落之運用也將增加，另外學校、觀光地區等應用項目則為穩定成長。至於國外市場之應用分析，2012 年主要應用項目為偏遠聚落、風光互補路燈、基地台及船舶應用等；2013 年廠商預估風光互補路燈、基地台及船舶運用將會穩定成長。有關內銷市場及外銷市場之應用項目分析如圖 16 和圖 17 所示。



資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

圖 16、國產小型風力機市場應用裝置情況



資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

圖 17、國產小型風力機外銷市場應用裝置情況

### (三)國內產品裝置價格

訪談台灣中小型風力機發展協會會員，詢問關於平均裝置價格(含安裝)，以其了解我國小型風力機價格優勢；訪談結果得出：(1)裝置價格會依照安裝地點不同而有滿大的落差，如表 19 所示；(2)台灣產品價格與鄰近亞太國家日本及韓國相比具有高度競爭力，但不利於低價競爭。目前行銷策略應著眼於有需要通過產品認證體系之銷售管道，以避免惡性競爭。

表 19、安裝施工成本差異表

應用型態	安裝成本(台幣)
平地型	6 萬元/KW
低樓層建築整合(1~6 樓)	8 萬元/KW
高樓層建築整合(7 樓以上)	15 萬元/KW
離島	15 萬元/KW
路燈(約 400W)	4 萬元/組

註：以上成本為稅前價，且不含風力機主體及塔架之純安裝施工費用，為零星少量安裝之施工成本；離島地區安裝費用含交通運輸費

資料來源：台灣中小型風力機發展協會調查(2013)。

表 20、小風機裝置價格(含安裝費用)

國家	原始幣別	台幣
美國	5.8 美元	17.4
英國	2.42 英鎊	22.9
日本	125 萬日幣	38.8
韓國	13 美元	39.0
台灣	200 元台幣	20.0

註：(1)大陸空機之價格約為 11.25 人民幣/W(約 46 元新台幣)；台灣含安裝價格係以各家廠商出貨量作為權重，共 5 家業者 10 個機種進行加權平均分析。

(2)台灣小風機裝置價格為空機加上平地型安裝施工

資料來源：CWEEA(2013)、AWEA(2012)、RenewableUK(2012)、JSWTA(2013)、Hienergy Korea(2013)、TSWA 調查(2013.06)



### 三、我國小型風力機運轉個案分析

本研究以訪談我國北部、南部、東部、離島地區等案例，進行實地訪談了解其安裝建置所遭遇到之瓶頸與運轉後附近居民之觀感、運轉發電效率等。

初期先於今年 6 月 20 日召開『台灣城市型小型風力機應用與運轉效能專家會議』，會中邀請國內小型風力機系統製造商、學校研究單位、公部門(標準檢驗局)等機構。首先以專題簡報方式和與會專家討論後續訪談要項、目前應用現況以及運轉效能意見交流，後續討論個案訪談之建議名單(首先取有監控系統之單位)。因此，在個案訪談上，首先從安裝目的為研究試驗性質之學校單位及公部門著手，因其建置時考量層面較為合乎研究精神，都會有監控系統來蒐集資料較為完善；後期拓展至公司行號及社區大樓，深入訪談實際應用層面。

#### (一)學校單位-龍潭農工

該校為推動教育部能源國家型科技教育人才培育計畫，增加展示多樣化應用及教學示範，裝有併網型發電量 600W 的風力機兩台，位於圖書館頂樓 4 層樓高，附近無遮蔽物；其電力供應給能源教室部分用電，如圖 18 所示。

實際發電效率因為安裝系統廠商頻頻出錯，無法將正確數據擷取，成為無功能的監控設備；在振動噪音議題上並沒有學生及附近居民反應，因此該問題並不明顯；在申請建照與雜照等相關問題，因為法規程序上有許多模糊地帶，也因風機工程標案在十萬以下，

所以也就沒有申請建照與雜照。



資料來源：本研究拍攝。

圖 18、龍潭農工 600W 小型水平軸風力機安裝實照

## (二)學校單位-新竹高中

該校為高中職能源教育科技推動中心做為展示，增加綠能發電比例及教學研究示範，裝設水平軸風光互補型 2kW 風機一台，位於教室屋頂六層樓高，附近高樓興建已經影響了風機運轉效能；其電力供應給校區部分用電，如圖 19 所示。

發電實際容量因素為 2.16% (2012/07/01~2013/06/30)，一年中發電效能最好是在東北季風期間；振動噪音議題上因初期未詳細評估，運轉後風機本體振動劇烈，轉而設置於樓梯間樓上，改善許多。噪音方面在強風時風力發電機組噪音過大，但是無學生及附近居民反應；在申請建照與雜照等相關問題上，新竹市政府不會發給單位雜照，如此一來也只有建照，而要申請建照又有許多的麻煩，光申請建照及委託相關(建築師或結構師)單位辦理，將遠超過風小型風力機成本，不合效益。



資料來源：本研究拍攝。

圖 19、新竹高工 2KW 小型水平軸風力機安裝實照

### (三)學校單位-淡水海洋技術學院

該校為配合教育部節能減碳計畫目標及教學示範，裝設垂直軸 3KW 風力機一台，位於淡水校區謙遜樓 C 棟頂樓，5 層樓高，附近緊鄰淡水河口，無遮蔽物；其電力供應給校區部分用電，如圖 20 所示。

發電實際容量因素為 7.66% (2012/07/01~2013/06/30)，一年中發電效能最好是在東北季風期間；振動噪音議題上，冬季風況較佳時有噪音問題但並沒有學生及附近居民反應；校方雖有申請市電併網，但並沒有申請售電，裝設過程也沒有申請建/雜照。



資料來源：本研究拍攝。

圖 20、淡水海洋技術學院 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照

#### (四)公司行號-中華電信公司

該公司為響應政府節能減碳政策，於 101 年開始建置屋頂型小型風力發電機，在此兩年期間共安裝 8 架 3KW 垂直軸風力發電機於新北市澳底機房、台北市石門機房、新竹埔和及花蓮吉安機房。本研究之個案風機位於新北市澳底機房屋頂，2 層樓高，濱臨海岸線，附近並無遮蔽物；其電力供應用於照明及風扇。

發電實際容量因素為 11.03% (2012/07/11~2013/07/12)，一年中發電效能最好是在東北季風期間；振動噪音議題上，附近居民並無噪音反應；該案例有併網，但並沒有申請售電，裝設過程也沒有申請建/雜照。

該案例有安裝監控系統，此系統不僅可遠端監控上述 8 架風機，更可監控公司內部所有再生能源設備發電資訊，如圖 21 所示。以目前評估採用再生能源發電設備效益劣於購買節能產品效益，

因此後期將暫緩擴建。



資料來源：本研究拍攝。

圖 21、中華電信 風力發電機監控畫面

### (五)公家單位-標準檢驗局台南分局

該單位為了解台南地區應用再生能源所需標準規範，欲蒐集並分析測試數據，作為未來再生能源標準試作資料庫範本，並且了解建置併網型再生能源標準作業程序，裝設垂直軸 3KW 風力機一台於樓頂 4 層樓高，附近有遮蔽物距離約 200 公尺，高 100 公尺；其電力並聯供分局用電設備使用，如圖 22 所示。

發電實際容量因素為 0.09% (2013/01/15~2013/07/31)，由於台南風況不佳，旁邊又有遮蔽物，發電效率低；振動噪音議題上，附

近居民並無噪音反應；該案例有併網，但並沒有申請售電，裝設過程也有申請雜照。

該案例為國內首件小型風力機完成雜照申請案例，在申請的過程中面臨了許多困難。由於小型風力機若是裝設在地面上，並不需要申請執照，但是加裝於建築物上則需要合法。從申請到領照大約需要 4 個月的時間，況且各縣市政府沒有統一的申請格式和流程，從中釐清申請程序及瓶頸，建立寶貴經驗。敘述如下：

架設於屋頂上之小型風力機，必須較地面型小風機考量更多建築結構問題，尤其我國位處颱風頻繁之地，架設風機需要更嚴謹的申設流程，建造初期須先請土木技師或結構技師評估樓頂結構，確定該建築物樓頂確實適合架設風機，評估通過後則開始雜項執照之申請。

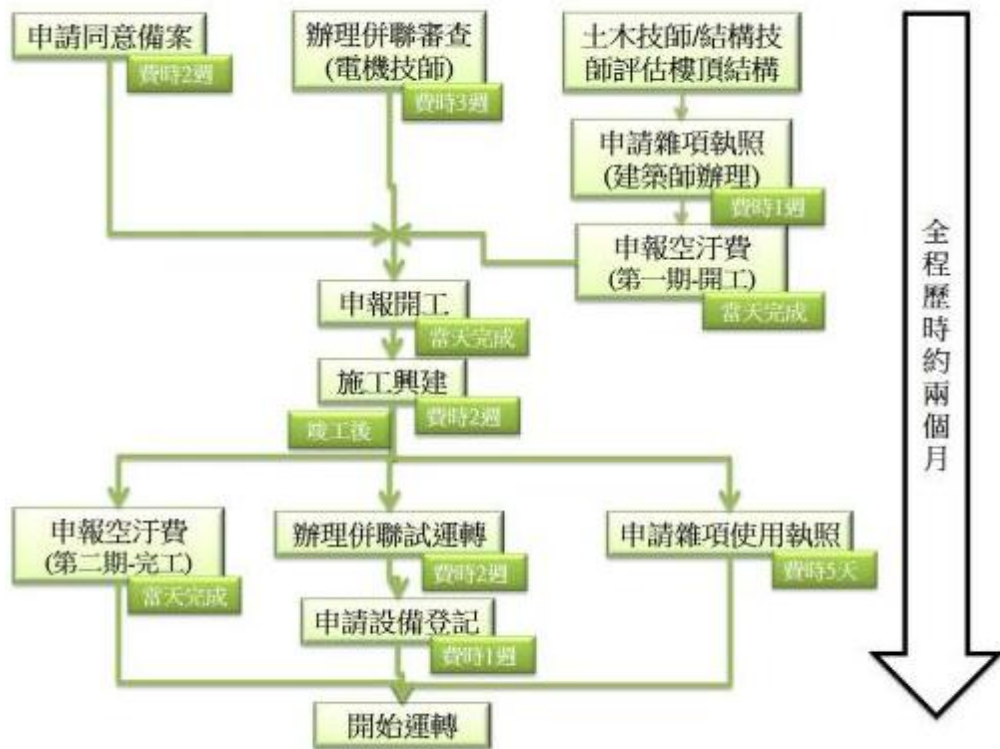
雜項執照一般由合作之建築師辦理，行政流程大約費時一週，待雜項執照申請通過以後，於即將開工前申報空汙費，當天完成後即可申報開工。風機施工興建大約費時兩週左右，即可完成整體風機之架設，竣工後則需要再申請雜項使用執照，大約費時五天，同時申報完工後之空汙費，以上歷程完成約需兩個月，此座小型風力機即可開始運轉。申設流程圖如圖 23 所示。

由於政府單位申設流程尚未統一，公文往返費時、受理單位不知如何辦理等，花費約 2.5 倍的時間才完成申設，大幅降低工程效率。



資料來源：本研究拍攝。

圖 22、標準檢驗局台南分局 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照



資料來源：本研究整理。

圖 23、樓頂型小型風力機申設流程

## (六)公家單位-標準檢驗局花蓮分局

該單位為了解研究小型風力機運轉效能以及提升當地觀光效益，裝設併網型 3KW 的垂直軸風力機一台，位於行政大樓旁空地，附近有 14 層樓大廈遮蔽物；其電力供應給緊鄰實驗室用電。

發電實際容量因素為 1.8%(2013/01/17~2013/08/05)，原本預估海邊的風力狀況不錯，但可能一開始裝設地點不夠高，且鄰近約 200 公尺處的 14 層樓大廈會擋到風，如果當初風機的位置可以再增高幾米，運轉效率肯定會較佳，也可以將小型風力機發展為本地地標；在振動噪音議題上並沒有附近居民反應，反而帶動觀光客駐留，附近的咖啡廳認為小型風力機對他們有附加價值，民眾會想順便觀賞；在申請建照與雜照等相關問題，因為此風機為地面型非屋頂突出物，因此無需申請雜照。



資料來源：本研究拍攝。

圖 24、標準檢驗局花蓮分局 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照

## (七)公家單位-兩岸範例風機實證/垂直軸標準實證計畫

該計畫為配合經濟部標準檢驗局推動『中小型風力機標準測試與



驗證技術發展』，進行實證數據蒐集以作為『兩岸垂直軸小型風力機共通標準草案』重要技術項目測試、檢驗與標準之合適性。場址會於澎湖科技大學校內，依規劃建置一座國際型小型風力機第三期測試風場，此個案風機安裝於此平地上。附近並無遮蔽物，緊鄰海岸線；亦無併網將電力取出使用。

發電實際容量因素為本研究最佳 12.13%(2012/11/14~2013/10/09)；在振動噪音議題上合乎『兩岸垂直軸小型風力機共通標準草案』及德國 VDI 3834 振動規範。



資料來源：本研究拍攝。

圖 25、兩岸範例風機實證計畫風力機安裝實照



資料來源：本研究拍攝。

圖 26、澎湖科技大學第三期測試風場

#### (八)社區大樓-淡水海納川藍海社區

該建商於建築師設計整座建築時，為了展示綠建築設計，於 38 層頂樓設計建置小型風力機，一共有三台垂直軸的風力機，風力機所發出的電可用來供應建築物外圍區域 LED 燈之照明，附近並無遮蔽物，鄰淡水河岸。

發電實際容量因素為 5.81%(2012/09/01~2013/08/30)，優於『英國 Encraft Warwick 試驗計畫』中所有屋頂應用個案；在振動噪音議題上並沒有附近居民反應；而在申請建照與雜照等相關問題上，因垂直軸風力機是在社區建造之初，由設計師以綠建築概念設計進去，非後期增設項目，故無申請建照與雜照等相關問題。

不過在訪談過程中，社區管理委員會反應建商交屋後風機結構圖及監控系統細部資料並未移交給管理委員會，後續風機維護作業無法接續，且每次檢測費用為新台幣 5000 元，零件耗材更換再另行報價，無編列經費做後續維修支持。且風力機發電效率效果不佳，維護成本高，無法讓所有社區委員同意增列經費。



資料來源：本研究拍攝。

圖 27、淡水海納川藍海社區 3KW 小型垂直軸風力機安裝實照

表 21、我國小型風力機運轉個案分析

地點	場址	機型	裝設目的	運轉效率	雜照	併網	震動
學校	龍潭農工	水平軸 0.6kw x 2	展示多樣化應用 教學示範	NA	X	O	X
	新竹高工	水平軸 2kw/300w	教學研究及示範	2.16% (2012/07/01~2013/06/30)	X	O	O
	淡水海洋技術學院	垂直軸 3kw x 1	教學示範	7.66% (2012/07/01~2013/06/30)	X	O	X
公司	中華電信澳底機房	垂直軸 3kw x 2	增加綠能發電比例 落實節能減碳政策	11.03% (2012/07/11~2013/07/12)	X	O	X
公部門	台南標檢局	垂直軸 3kw x 1	蒐集測試數據及 再生能源相關規範	0.09% (2013/01/15~2013/07/31)	O	O	X
	花蓮標檢	垂直軸 3kw x 1	研究試驗	1.80%(2013/01/17~2013/08/05)	X	O	X
	澎湖科技大學	垂直軸 3kw x 1	兩岸範例風機實證 垂直軸標準實證	12.13% (2012/11/14~2013/10/9)	X	X	X
社區大樓	淡水海納川藍海社區	垂直軸 3kw x 3	綠建築設計	5.81% (2012/09/01~2013/08/30)	X	X	X

資料來源：本研究整理。

上述 8 個案例中皆無售電案，亦未有鄰近居民反應噪音問題；而在申請雜照上，因為各地方都沒有統一的作業流程以及法令不明確，提高民眾申請雜照門檻，僅有公家部門為釐清申請程序及瓶頸提出雜照申請；而在振動議題上，僅有新竹高中因起初安裝時風力發電機振動劇烈，後遷移新址即無此問題。其他整理資訊如表 21 所示。

#### 四、我國城市風機應用關鍵議題分析

鑑於召開專家會議及個案訪談，得出我國城市風機應用關鍵之議題要項：

1. 政府尚無訂定小型風力機裝置目標；
2. 缺乏完整且積極產業輔導政策與資源投入，產業規模小，導致成本仍偏高；
3. 業者國內實績不足，以致宣導及民眾認知皆不足；
4. 申設小型風力機行政流程繁複，法規面阻礙多；
5. 產業環境建構與研發投入明顯不足。
6. 小型風力機欠缺安裝標準。

針對上述本研究統整之我國城市風機應用關鍵議題，提出各項建議如下：

##### (一)建議訂定產業發展目標

國內對於風能再生能源政策上，已設定大型風力機、離岸風力機發展目標，但並無中小型風力發電機裝置目標，缺乏政策引導；至今小型風力機僅 7 件個案申請並網售電。

依據台灣經濟研究院及台灣中小型風力機發展協會評估，國內可推廣小型風力機裝置潛能達 100MW 以上；建議政府初期以 9MW 建置為目標，中長期以 30MW 及 100MW 為建置目標，參考過去太陽光電推動經驗，儘速研擬相關示範獎勵辦法，建立市場規模。各目標市場裝置潛量及建議事項，如表 22 所示。

表 22、國內小型風力機產業發展目標建議

目標市場	產品級距	短期潛量		建議推動策略
		MW	部	
示範園區	1~5kW	0.5	500	提供裝置補助 50% 與基礎建置
離島住宅型(併網型)	1~3kW	0.7	330	台電於離島優先裝置小型風力機
公共工程示範計畫(工業區、科學園區)(併網型)	1~5kW	0.8	260	工業區採購小型風力機
農漁業用房舍	1~3kW	0.2	140	提供裝置補助 50%
新建大樓屋頂(併網型)	1~3kW	1.3	630	新建高樓裝置小型風力機納入綠建築標章評核項目
本島濱海地區家用型(併網型)	1~5kW	0.3	160	提出小型風力機示範補助要點
休閒農莊、河濱公園等(併網型)	1~10kW	4	2,100	提出小型風力機示範補助要點
風光互補型路燈(離網型)	100~300W	0.6	4,100	政府公共工程綠能採購
基地台、電塔(離網型)	100~300W	0.1	500	提出小型風力機示範補助要點
漁船、公路指示牌等(離網型)	0.5~1kW	0.4	700	公共工程採購
合計		9	9,420	

資料來源：蘇美惠、涂宇維、張庭瑋、左峻德，台灣發展小型風力機之市場潛能與推動策略評估，2012 台灣風能學術研討會，2012 年 12 月 19 日。

## (二)建議推動離島小風機佈建

台灣擁有 121 座離島，平均風速達 7~9m/sec，風能資源豐沛，根據內政部戶政司統計，台灣離島地區共有 76,108 戶。若短期由綠島、蘭嶼、七美、望安的家戶(占總離島戶數的 7%)開始推廣，中期則進而擴大綠島、蘭嶼及澎湖全區(占總離島戶數的 48%)，而長期則規劃在所有離島家戶皆裝置 1~3kW 小型風力機，至短期累計推廣目標將可達到 0.5 MW，2020 年、2025 年則可分別達到 8MW 及 31MW。

小型風力發電機在離島地區發電成本約 6.6~12.4 元/度；與高汙染且昂貴之柴油發電成本相較(12.46~12.87 元/度)，具備經濟效益與節能環保。



註：(1)小型風力機設置成本以 25 萬元/KW 推估(含運費與安裝)。

(2)每年維護成本以初期設置成本 6% 估計。

(3)發電量參考台灣風力機產品功率曲線。

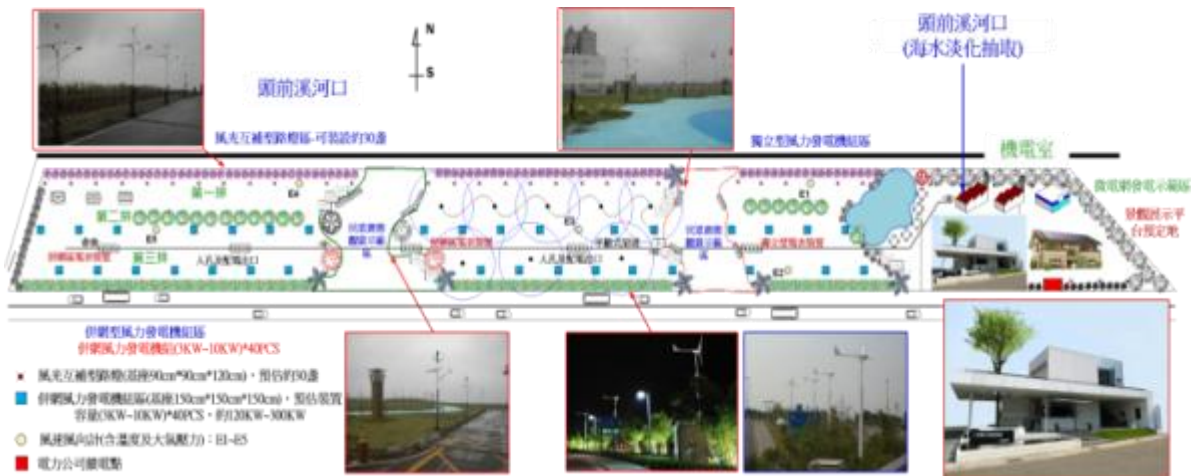
資料來源：蘇美惠、涂宇維、張庭瑋、左峻德，台灣發展小型風力機之市場潛能與推動策略評估，2012 台灣風能學術研討會，2012 年 12 月 19 日。

圖 28、小型風力機離島發電成本分析

### (三)建議推動示範園區建置計畫

因我國目前並沒有小型風力機示範計畫，僅有零星的建置，無法形成有效的平台來增加國內民眾之認知與國際業務性展示；建議國內首座小型風力機示範風場，作為國內宣導推廣與國際業務拓展之展示平台。

可建議由中央政府公告小型風力機示範補助要點，再由地方政府依補助要點爭取設立，公開徵求營運商進駐與管理；可全額補助園區基礎軟硬體設備及 50% 風力機裝置補助，建構起小型風力機全球第四大出口國該有之國際伸展平台。



資料來源：台灣經濟研究院，工業技術研究院委託之「中小型風力機產業發展策略研究計畫」(2011)。

圖 29、新竹市南寮漁港規劃案例

### (四)建議儘速啟動工業區設置計畫

建議進行工業區佈建小型風力機整體性規劃，擴大示範規模；(1) 優先考慮國內風況良好之工業區廠址，例如：觀音工業區及全興工業區；(2)建議工業局所屬工業專用港亦納入小型風力機設置



規劃，例如台塑麥寮石化工業港、花蓮和平水泥專用港、及興建中桃園觀音觀塘工業液化天然氣專用港。

建議在工業區設置小型風力機採購案，應優先採購國產績優產品，不以低價競標。

#### (五)建議政府積極協助排除法規面阻礙

政府對於小型風力機建置應多比照太陽能設備，從太陽能設備初期建置即享有半額補助誘因，運轉期間再享有 FIT 躉購費率補助；而小型風力機卻直接進入 FIT 躉購費率補助階段；且政府部門主動每月邀請太陽能產業召開會議，但是反觀小型風力機卻求助無門。因而本研究整理以下我國城市風機關鍵發展之法規面建議：

1. 建議小型風力機比照屋頂太陽光電，提供不受裝置容量合併計算之限制；依據『再生能源發電設備設置管理辦法修正草案』，為鼓勵住宅屋頂型太陽光電設置，鬆綁太陽光電設置容量合併計算限制。
2. 建議中央政府協調台電比照太陽光電，提供小型風力機免收線路工程費；10KW 以下太陽光電設置免依「營業施行細節」收取線路工程費（台電 99 年 12 月 30 日函文）。
3. 建議比照太陽光電，將小型風力機納入雜項工作物免請領雜項執照適用項目；依據「設置再生能源設施免請領雜項執照標準」，太陽光電設置於建築屋頂、非都市用地且設置面積未超過 660m<sup>2</sup>，經建築師、土木/結構技師簽證，得免申請雜項執照。

4. 建議將新建高樓裝置小型風力機納入綠建築標章評分指標，鼓勵民間裝置。

#### (六)建議強化政府研發投入

兩岸協會自 2011 年底開始共同參加兩岸工作會議，歷經兩年推動兩岸垂直軸小型風力機共通標準，業於 2013 年 5 月完成。基於兩岸產業協會已建立良好合作基礎，建議以兩岸共通標準為基礎，持續投入小型風力機標準技術研發活動，爭取形成亞洲區域性與全球性標準，以標準技術做為產業爭取海外市場後盾。

IEA Task27 (風能系統研究發展合作協定)為自 2009 年開始所發展專案研究活動，為目前國際上 SWT(Small Wind Turbine)標準技術重要討論平台，成員多數都是 IEC 61400-2 MT2(維護小組)專家；而在 IEA Task 27 規劃於 2012 年至 2016 年之研究方向統整如下：

1. 建構消費者標章及推動小型風力機測試者組織
2. 針對高紊流風資源進行分析和建立模式
3. 發展高紊流風場微觀選址之建議實踐規範草案

兩岸協會因自 2011 年底開始共同參加 IEA TASK 27 會議，建議政府應持續支持合作參與國際會議研究課議

1. SWT 在城市屋頂的性能標準量測方法
2. SWT 在高紊流地區的微觀選址及風機分級

## 五、尚待克服之困難

目前我國安裝案例，除公部門與學校為進行研究試驗與教學目的，而建置監控系統；部分公部門雖已建置相關設備，但因缺乏維護費用，導致機器故障而棄置。

因此，欲建立各區域風力機運轉實際資訊，仍有困難；建立國內可透過風況良好縣市之示範園區建置，建立運轉相關數據，做為後續發展城市風機重要參考基礎資料

## 六、尋求協助之議題

城市風機所面臨之紊流與擾流，仍需發展既有環境(建築屋頂)下三維紊流模型與風洞實驗技術，並與透過現地實測數據進行比對，以掌握不同地形條件電腦模擬之紊流概況

建議國內應進行小型風力機既有環境及建築整合之設計研發及測試，並提出既有環境下微觀選址的導則，以作為未來消費者裝置選址之參考。此部分仍有賴持續投入相關研究工作

## 參、主要發現與結論

### 一、主要發現

本研究完成我國小型風力機城市應用現況與效能分析之相關研究，分析國外小型風力機在既有城市環境下之應用概況，以及風力機可能之效能變化。輔以進行我國小型風力機安裝調查，及分析我國小型風力機城市建築整合應用概況，提出我國發展城市型小型風力機之關鍵議題。本計畫主要發現如下：

#### (一) 國際小型風力機城市應用案例分析：

彙整美國、英國及歐盟國家在小型風力機城市應用上之案例，依據實際年發電量來換算最佳容量因素，分析出安裝於高樓之個案風機最佳實際容量因素為 1.49%；而國內高樓安裝最佳實際容量因素約為 5.81~7.66%。

#### (二) 國內小型風力機安裝分布調查與發電效能分析：

統計 2010 年至 2012 年間國內累計裝置量共 941 部。裝置量排名以台北市居冠，共裝設 231 部(24.5%)、其次為台中市 229 部(24.3%)、第三名為新竹縣 98 部(10.4%)；2012 年新增裝置量前三名則分別是新竹縣(84 部)、台中市(39 部)、台南市(37 部)。可發現北部地區裝設比例最高，中部次之；新裝置部分則有逐漸由北部地區推廣至南

部地區。

本研究訪談調查：中華電信澳底機房、淡水海洋技術學院、淡水海納川社區、國立澎湖大學…等。而發電效益分析以最佳實際容量當指標，數值從 2.16% ~ 12.13% 之間。而實際容量因素超過 10% 以上為安裝地點於澎湖測試風場及台灣東北角中華電信澳底機房二樓樓頂。我國為海島型國家四面環海並擁有東北季風之天然優勢，分析發現於濱海地區推動小型風力發電機具備優勢。

### **(三) 國內小型風力機市場應用分析：**

分析 2012 年間國內市場應用，以風光互補路燈裝置數量最多(超過 80 部風機)，一般住宅次之；預測 2013 年間市場應用成長率以一般住宅成長幅度最大(2 倍以上成長)，並且裝置數量也將超越風光互補路燈應用，主要是受惠於建商推行綠建築計畫。

### **(四) 小型風力機城市應用關鍵議題分析：**

小型城市風力機目前為萌芽階段，尚須法令修改及政府單位支持。經過訪談結果目前所遭遇到最關鍵的議題為：1. 政府尚無訂定小型風力機產業發展目標；2. 廠商實績不足、推展國外市場不易，產業規模過小，成本仍偏高；3. 法規面與行政面之阻礙；4. 研發經費投入不足；5. 民眾認知、宣導不足。

## 二、結論

分析國際小型風力機城市應用文獻，運轉效率(實際容量因素)約 1.49%；國內安裝於淡水高樓層建築運轉效率約為 5.81~7.66%，安裝於澳底濱海地區為 11%，澎湖離島更高達 12.13%。顯示國內濱海或離島地區，具備發展城市小型風力機之潛能。

我國小型風力機產業以最具彈性與韌性之中小企業為主體，產品掌握 100%自製能力，在全球小型風力機產業進入快速成長階段，國內產業已成形並具備獲取國際市場佔有率能力。產業界已提出 2020 年市佔率全球第二大之願景(目前為第四大出口國)，需仰賴政府給予積極政策與支持，立足台灣，搶佔國際市場，成為我國小而美之明星外銷產業。

國內安裝小型風力機在 2012 年間主要是在風估互補應用上，其次為一般住宅；預估明年 2013 年在一般住宅上會有 2 倍的跳躍式成長，主因是綠建築概念興起。建議政府優惠政策應比照太陽光電在建物上辦理，例如小型風力機納入雜項工作物免請領雜項執照與參加綠建築標章評分指標，來多鼓勵民間住宅裝置。

國內小型風電市場規模雖小，但卻為培植本土城市風機產品良好早期市場；完善政策目標與獎勵機制，將可協助產業界建立規模經濟，降低成本。

### 三、建議

1. 建議政府推動小型風力機示範園區計畫，由政府建置園區硬體設備與風力機裝置補助，地方政府依補助要點爭取設立，透過公開招標方式徵選適合業者進駐經營，並以採購國產風力機系統進駐為主；協助國內業者建立實績，並累積城市風機資料庫
2. 建議政府比照太陽光電推動措施，積極破除法規面障礙與限制，協助產業推動
3. 裝置容量合併計算限制、免收線路工程費、免請領雜項執照、納入綠建築標章評分指標
4. 建議我國應持續投入小型風力機標準與技術研發活動，並積極參與國際城市風機紊流比對研究計畫；透過積極參與國際標準研究活動，以標準技術支持產業發展，協助產業爭取海外市場

### 四、未來研究方向

1. 發展既有環境(建築屋頂)下三維紊流模型與風洞實驗技術，並與現地實測數據進行比對

2. 建構既有環境下微觀選址的導則
3. 進行小型風力機與既有環境及建築整合之設計研發及測試
4. 發展風力機與既有環境及建築整合之設計與安裝技術標準
5. 推動小型風力機示範園區計畫，累計運轉資料庫，作為後續推動銀行融資重要依據，並建立民眾認知與信心

因應全球分散式電力發展趨勢下，中小型風力機市場潛力與成長



#### 肆、參考文獻

- [1] American Wind Energy Association(AWEA).2011 U.S. Small Wind Turbine Market Report. Washington, D.C.: American Wind Energy Association, 2012.
- [2] BWEA, “Small Wind Systems UK Market Report 2012”, 2011.04.
- [3] BWEA Small Wind Turbine Performance and Safety Standard.
- [4] Kazuichi Seki, ”Actual condition of Japanese small and middle size wind power energy market and national strategy of Japanese government”, 2011.08.
- [5] Overview of the Encraft Warwick Wind Trial, Encraft, David Hailes(2009)
- [6] Renewable UK, Small Wind Systems UK Market Report, 2012.
- [7] Vermont Small-Scale Wind Energy Demonstration Program Final Report, June 2011
- [8] Urban Wind Turbines Guidelines for small wind turbines in the built environment, 2007.
- [9] 台灣經濟研究院，工業技術研究院委託之「中小型風力機產業發展策略研究計畫」期末報告，2011年11月。
- [10]台灣經濟研究院，經濟部標準檢驗局委託之「國際中小型風機標準驗證技術合作計畫」期末報告，2013年07月。
- [11]蘇美惠、涂宇維、張庭瑋、左峻德，台灣發展小型風力機之市場潛能與推動策略評估，2012台灣風能學術研討會，2012年12月19日。
- [12]台灣中小型風力機發展協會、台灣經濟研究院、中國可再生能源學會風能專業委員會、中國農業機械工業協會風能設備分會，

2012 年兩岸中小型風力機產業技術與標準動態年度報告，2012  
年 12 月